

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2000-517427

(P2000-517427A)

(43) 公表日 平成12年12月26日 (2000. 12. 26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	デマコト* (参考)
G 0 1 J 9/00		G 0 1 J 9/00	
// G 0 1 S 7/48		G 0 1 S 7/48	Z
G 0 2 F 1/01		G 0 2 F 1/01	D

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 56 頁)

(21) 出願番号 特願平10-512124  
 (86) (22) 出願日 平成9年9月5日 (1997. 9. 5)  
 (85) 翻訳文提出日 平成11年3月4日 (1999. 3. 4)  
 (86) 国際出願番号 PCT/DE 97/01956  
 (87) 国際公開番号 WO 98/10255  
 (87) 国際公開日 平成10年3月12日 (1998. 3. 12)  
 (31) 優先権主張番号 19635932. 5  
 (32) 優先日 平成8年9月5日 (1996. 9. 5)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)  
 (31) 優先権主張番号 19704496. 4  
 (32) 優先日 平成9年2月7日 (1997. 2. 7)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 シュヴァルト ルドルフ  
 ドイツ国 ネッフエン ディー57250 ク  
 ラウツテイラー シュトラーサ 56  
 (72) 発明者 シュヴァルト ルドルフ  
 ドイツ国 ネッフエン ディー57250 ク  
 ラウツテイラー シュトラーサ 56  
 (74) 代理人 弁理士 重信 和男 (外1名)

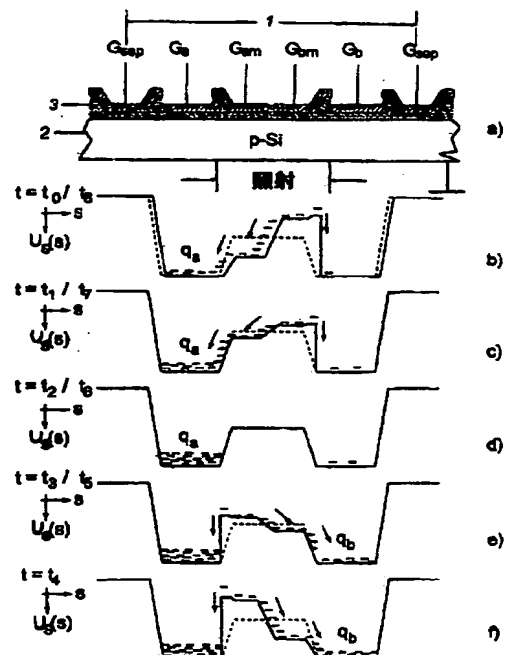
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁波の位相情報および/または振幅情報を調べるための方法と装置

## (57) 【要約】

本発明は、電磁波の位相および/または振幅情報を調べる方法と、その装置に関するものである。かかる方法で得られた画像データの空間深さ分解能を提供するために、本発明による方法は以下の段階を含む：少なくとも2つの感光変調光ゲート $G_{a1}$ と $G_{a2}$ および関連蓄積ゲート $G_{b1}$ と $G_{b2}$ を有する少なくとも1つの画素を含む光混合素子の表面に電磁波が照射され、 $U_{a1}(t) = U_0 + U_s(t)$  および  $U_{a2}(t) = U_0 - U_s(t)$  として構成されている変調光ゲート電圧 $U_{a1}(t)$ および $U_{a2}(t)$ が、変調光ゲート $G_{a1}$ および $G_{a2}$ に印加される段階； $U_0$ および変調電圧 $U_s(t)$ の振幅以上の大きさを持つ直流電圧が、蓄積ゲート $G_{b1}$ および $G_{b2}$ に印加される段階；入射電磁波によって変調光ゲート $G_{a1}$ および $G_{a2}$ の空間電荷領域に生じた電荷キャリアが、変調光ゲート電圧 $U_{a1}(t)$ と $U_{a2}(t)$ の極性の関数として、ドリフト電界の電位勾配および対応蓄積ゲート $G_{b1}$ または $G_{b2}$ へのドリフトを受けさせられる段階；蓄積ゲート $G_{b1}$ および $G_{b2}$ にドリフトされた電荷 $q_a$ と $q_b$ がそれぞれ転送 (divert) される段階。当該光混合素子は、少なくとも1つ

【図1】



## 【特許請求の範囲】

1. 電磁波の位相および／または振幅情報を決定する方法において、

－電磁波を少なくとも1つの画素を有する光混合素子の表面に照射し、上記の画素は少なくとも2つの感光変調光ゲート $G_{am}$ と $G_{bm}$ および関連する蓄積ゲート $G_a$ と $G_b$ を有し、

－上記の変調光ゲート $G_{am}$ と $G_{bm}$ に $U_{am}(t) = U_o + U_m(t)$  および  $U_{bm}(t) = U_o - U_m(t)$  の形式の変調光ゲート電圧 $U_{am}(t)$ と $U_{bm}(t)$ を加え、

－上記の蓄積ゲート $G_a$ と $G_b$ に大きさが $U_o$ の合計と少なくとも同じ大きさのd c 電圧と変調電圧 $U_m(t)$ の振幅を印加し、

－入射電磁波によって変調光ゲート $G_{am}$ と $G_{bm}$ の空間電荷領域に生成された電荷キャリアを変調光ゲート電圧 $U_{am}(t)$ と $U_{bm}(t)$ の極性および上記の対応する蓄積ゲート $G_a$ と $G_b$ に対するドリフトに応じてドリフト電界のポテンシャルグラディエントに照射し、

－それぞれの蓄積ゲート $G_a$ と $G_b$ にドリフトした上記の電荷 $q_a$ と $q_b$ を取り去ることを特徴とする方法。

2. ー強度変調電磁波を送信器によって照射し、

－物体から反射された電磁波を光混合素子表面に照射し、

－変調光ゲート電圧 $U_{am}(t)$ と $U_{bm}(t)$ は上記の送信器の照射した上記の電磁波の位相と固定位相関係にあり、

－上記の生成された電荷キャリアを上記のプッシュプル変調光ゲート電圧 $U_{am}(t)$ と $U_{bm}(t)$ の位相に応じてドリフト電界のポテンシャルグラディエントに更に照射することを特徴とする請求の範囲第1項記載の方法。

3. ー上記の送信器の照射した上記の電磁波の位相に対する上記の変調光ゲート電圧 $U_{am}(t)$ と $U_{bm}(t)$ の2つの異なった位相シフト $\Delta\phi_1$ と $\Delta\phi_2$ について、

電荷 $q_{a1}$ と $q_{b1}$ 並びに $q_{a2}$ と $q_{b2}$ を取り去り電荷の差分 $(q_{a1} - q_{b1})$ と $(q_{a2}$

－ $q_{b2})$ を形成し、

－下記等式

$$\varphi_{opt} = \frac{q_{a2} - q_{b2}}{q_{a1} - q_{b1}}$$

に従って上記の入射電磁波の画素の位相  $\phi_{opt}$  を送信器の照射した上記の電磁波の位相に対して決定し、従って上記の画素の受け取った電磁波のトランジット時間を決定することを特徴とする請求の範囲第2項記載の方法。

4. －4つの変調光ゲート  $G_{am}$ 、 $G_{bm}$ 、 $G_{cm}$  と  $G_{dm}$  および4つの関連する蓄積ゲート  $G_a$ 、 $G_b$ 、 $G_c$  と  $G_d$  によって、送信器の照射した上記の電磁波の位相に対する変調光ゲート電圧  $U_{am}(t) = U_0 + U_{m1}(t)$  と  $U_{bm}(t) = U_0 - U_{m1}(t)$  と  $U_{cm}(t) = U_1 + U_{m2}(t)$  と  $U_{dm}(t) = U_1 - U_{m2}(t)$  の2つの異なった位相シフト  $\Delta\phi_1$  と  $\Delta\phi_2$  について、同時に電荷  $q_a$ 、 $q_b$ 、 $q_c$  と  $q_d$  を分離して取り去り、

－下記等式

$$\varphi_{opt} = \frac{q_c - q_d}{q_a - q_b}$$

に従って、上記の送信器の照射した上記の電磁波の画素の位相  $\phi_{opt}$  およびこれと共に上記のピクセルの受け取った電磁波のトランジット時間を決定することを特徴とする請求の範囲第3項記載の方法。

5. －上記の光混合素子は複数の画素を有し、

－少なくとも1つの画素が、上記の送信器からの上記の強度変調電磁波の一部と共に直接照射され、

－上記の照射した電磁波と上記の変調光ゲート電圧  $U_{am}(t)$  と  $U_{bm}(t)$

との間の位相シフトの校正を上記の画素によって測定した上記の位相シフトから実行することを特徴とする先行する請求の範囲の1つに記載の方法。

6. －独立して励起された未知の強度変調を有する電磁波を上記の光混合素子の表面に照射し、

－上記の変調光ゲート電圧  $U_{am}(t)$  と  $U_{bm}(t)$  を同調可能変調用発振器によって生成し、

ー上記の生成した電荷キャリアを上記のプッシュプル変調光ゲート電圧 $U_{am}$  (t) と $U_{bm}$  (t) の位相に応じてドリフト電界のポテンシャルグラディエントに更に照射し、

ー上記の光混合素子と上記の変調用発振器は少なくとも1つの位相ロックループを形成し、上記の電磁波をロックイン法に従って測定することを特徴とする請求の範囲第1項記載の方法。

7. 連続または非連続HF変調疑似ノイズ変調またはチャープ変調を周期的変調として使用することを特徴とする請求の範囲第1項ないし第6項の1つに記載の方法。

8. 上記の変調はHF変調であり、好ましくは、移動シフト $\Delta\phi = 0^\circ / 180^\circ$  と $90^\circ / 270^\circ$  に対する上記の電荷 $q_a$ と $q_b$ および場合によっては $q_c$ と $q_d$ を取り去ることを特徴とする請求の範囲第7項記載の方法。

9. 定常状態変調を変調光ゲート電圧 $U_{am} = U_0 + U_{m0}$  および $U_{bm} = U_0 - U_{m0}$  と共に使用し、設定可能変調dc電圧 $U_{m0}$  は時間に対して一定であり、上記の変調dc電圧によってジオ電荷 $q_a$ と $q_b$ との差から得られる差分画像を具体的にウエイト付けすることを特徴とする請求の範囲第1項記載の方法。

10. 上記の蓄積ゲート $G_a$ と $G_b$ の下方の電荷 $q_a$ と $q_b$ を集積し、多重構造、

好ましくはCCD構造によって読み出すことを特徴とする請求の範囲第1項ないし第9項の1つに記載の方法。

11. 上記の蓄積ゲート $G_a$ と $G_b$ はpnダイオードの形態であり、好ましくはブロック低容量pnダイオードであって好ましくはCMOS技術を使用し、上記の電荷 $q_a$ と $q_b$ および場合によっては $q_c$ と $q_d$ を電圧または電流として直接読み出すことを特徴とする請求の範囲第1項ないし第9項の1つに記載の方法。

12. 上記の画素位相または画素トランシット時間および画素輝度は、アクティブ画素センサ構造(APS)によって直接確認し、好ましくはワンチップ多重構造によって選択的および／または連続的に読み出すことを特徴とする請求の範囲第11項記載の方法。

13. 上記の画素輝度は、濃淡画像としての上記の関連蓄積ゲートの電荷の合

計としてそれぞれ評価することを特徴とする請求の範囲第1項ないし第12項記載の方法。

14. 背景照明または外部からの非変調追加照明の場合、上記の濃淡画像の差分を一方では上記の変調照明がオンになり他方では上記の変調照明がオフになる場合、補正パラメータとして使用することを特徴とする請求の範囲第1項ないし第13項記載の方法。

15. 複数の独立した混合素子を線、面または空間アレイに使用することを特徴とする請求の範囲第1項ないし第14項の1つに記載の方法。

16. 上記の画素の内の少なくとも1つを照明として機能する上記の強度変調電磁波の一部と共に直接照射し、上記の少なくとも1つの画素における測定を使用して上記のその他の位相と輝度の結果を校正し、異なったレベルの強度または

異なった値に設定することのできる強度のレベルを有する送信器によって好ましくは1個または複数個の基準画素を作用させることを特徴とする請求の範囲第15項記載の方法。

17. 一少なくとも1つの画素(1)、  
一少なくとも2つの感光変調光ゲート( $G_{as}$ 、 $G_{bs}$ )、および  
一上記の変調光ゲート( $G_{as}$ 、 $G_{bs}$ )と関連し、入射電磁波に対して遮蔽される蓄積ゲート( $G_a$ 、 $G_b$ )を具備することを特徴とする光混合素子。

18. 中間ゲート( $G_o$ )を上記の変調光ゲート( $G_{as}$ 、 $G_{bs}$ )の間に構成することを特徴とする請求の範囲第17項記載の混合素子。

19. 上記の素子(1)は、4個の好ましくは対照的に構成された変調光ゲート( $G_{as}$ 、 $G_{bs}$ 、 $G_{cs}$ 、 $G_{ds}$ )と蓄積ゲート( $G_a$ 、 $G_b$ 、 $G_c$ 、 $G_d$ )を有することを特徴とする請求の範囲第17項または第18項記載の混合素子。

20. 上記の蓄積ゲート( $G_a$ 、 $G_b$ および $G_c$ 、 $G_d$ )は、pnダイオードの形態であり、好ましくはブロック低容量pnダイオードであって好ましくはCMOS技術のダイオードであり、電荷 $q_a$ と $q_b$ および場合によっては $q_c$ と $q_d$ を電圧または電流として直接読み出すことができることを特徴とする請求の範囲第17項ないし第19項の1つに記載の混合素子。

21. 最大変調速度を増加するため、上記の画素は、GaAs技術を使用して生成し、好ましくは「埋込みチャンネル」型（例えば埋込みnチャンネル）であり、集積ドリフト電界を有することを特徴とする請求の範囲第17項ないし第20項記載の混合素子。

22. 上記の素子(1)は、一部には画素関連信号処理を有し、一部にはラインまたは場合によってはマトリックス関連信号処理を有するアクティブ画素センサ構造の形態であることを特徴とする請求の範囲第17項ないし第21項記載の混合素子。

23. 上記の遮蔽部は、上記の変調光ゲートの縁部領域までまた延びていることを特徴とする請求の範囲第17項ないし第22項記載の混合素子。

24. 上記の光混合素子が1次元、2次元、または3次元に構成されていることを特徴とする装置に関する請求の範囲第17項ないし第23項の1つに記載の少なくとも2つの光混合素子を有する混合素子構成。

25. 2つの隣接して構成された異なる画素(n、n+1)とそれぞれ関連する変調光ゲート( $G_{am,n}$ 、 $G_{am,n+1}$ )と( $G_{bm,n}$ 、 $G_{bm,n+1}$ )はそれぞれ共通の蓄積ゲート( $G_s$ )を有し、上記の変調光ゲート( $G_{am,n}$ 、 $G_{am,n+1}$ )と( $G_{bm,n}$ 、 $G_{bm,n+1}$ )は同一の変調光ゲート電圧 $U_{am}(t)$ と $U_{bm}(t)$ によってそれぞれ動作されることを特徴とする請求の範囲第24項記載の混合素子構成。

26. 基準画素としての少なくとも1つの画素(1)の直接照射用にデバイスを設け、これによって送信器から照射した強度変調電磁照射の一部を問題の1個または複数個の画素に向けることを特徴とする請求の範囲第24項または第25項記載の混合素子構成。

27. 上記の直接照射用のデバイスは、上記の照射の強度の空間および/または時間に関する変動のために設けられることを特徴とする請求の範囲第26項記載の混合素子構成。

28. 上記の画素(1)はシリコン基板(2)上にMOS技術を使用して実施され、多重構造、好ましくはCCD構造によって読み出すことができることを特

徴とする請求の範囲第24項ないし第27項の1つに記載の1次元または多次元混合素子構成。

29. マイクロレンズ光システムを設け、上記のマイクロレンズ光システムは画像の記録に使用する各混合素子用に対してそれ自身のマイクロレンズを実質的に生成し、上記のマイクロレンズによって入射照射は上記の混合素子の中央領域に合焦し、これによって上記の混合素子のサイズを小さくすることができることを特徴とする請求の範囲第24項ないし第28項の1つに記載の混合素子構成。

30. 一装置に関する請求の範囲第17項ないし第23項の1つに記載の少なくとも1つの光混合素子を有し、

—変調用発振器(10、13)を有し、

—照射した電磁波が所定の方法で上記の変調用発振器(10、13)によって強度変調される送信器(4)を有し、

—物体(6)から反射した上記の電磁波は上記の光混合素子の面上に照射され

—上記の変調用発振器(10、13)は上記の光混合素子に上記の送信器から照射した電磁波の位相に対して所定の位相関係にある変調電圧 $U_m(t)$ を供給することを特徴とする電磁波位相情報決定装置。

31. 請求の範囲第24項ないし第29項の1つに場合によって記載の光システム(7)と混合素子構成を設け、上記の光システム(7)は上記の反射した電磁波の画像を上記の混合素子または上記の混合素子構成上に形成することを特徴とする先行する装置に関する請求の範囲に記載の装置。

32. 関連光受信システム、差異信号、合計信号および関連基準信号用の電子的評価および信号処理システム、濃淡画像およびトランシット時間または距離画像用デジタルメモリ、変調電磁波によって3次元シーンを照明する送信器、および上記の光受信システムに対応し、コンパクトユニットの形態でデジタル3D写

真用カメラを形成する調整可能光送信システムを光混合素子に設けることを特徴とする請求の範囲第30項または第31項記載の装置。

33. デジタル3次元記録用ビデオカメラを形成するため、関連光受信システ

ム、差異信号、合計信号および関連基準信号用の電子的評価および信号処理システム、濃淡画像およびトランシット時間または距離画像用デジタルメモリ、変調電磁波によって3次元シーンを照明する送信器、および上記の光受信システムに対応する調整可能光送信システムを光混合素子構成に設け、更にデジタル画像シーケンスを格納するメモリ手段を設けることを特徴とする請求の範囲第30項または第31項記載の装置。

34. 上記の送信器には種々のスペクトル領域の光波を照射するデバイスを設け、カラー画像またはカラー画像成分を生成することを特徴とする請求の範囲第32項または第33項記載の装置。



## 【発明の詳細な説明】

## 電磁波の位相情報および／または振幅情報を調べるための方法と装置

本発明は、電磁波の位相情報および振幅情報を調べる方法と装置に関する。

本明細書中、位相という言葉は、位相トランシット時間および関係各信号形状に基づいて使用されもする特定のトランシット時間を表す。

以下、電磁波ではなく光波について言及する。但し、これは、可視電磁波のスペクトル領域のみに対する限定を意味するものではなく、単に簡素化することを目的としている。

電子測定技術および通信技術で、広帯域、高周波数の信号の振幅と位相の点から周波数成分を測定する場合、未知の信号を正弦振動に掛けるまたは正弦振動と混合し、統合またはローパスフィルタリング処理によって同一周波数の信号成分が存在する状態で生じる一定成分を測定する位相検出器を利用することが多い。

この方法により、任意の調整可能な相対位相位置の混合信号を利用して、未知の信号の相関関数が得られる。混合周波数を変える（掃引する）ことにより、未知の信号をそのスペクトル成分に分解できる。また、少なくとも3つの位相位置により、同周波数の未知の周波数成分の振幅と位相が変わる安定成分を求めることができる。

今日、測定および通信技術分野で重要性を増しつつある当該光信号の研究は、特に電気信号について先述した電子測定値後確認のある光電変換器としての広帯域光検出器によって実施されている。

関連経費の高額さ故、これらの方法および関係測定装置は、通常、1チャンネルまたは2チャンネルのタイプのものだけである。しかしながら、光信号の場合は、高周波成分を備えた（特定の画像系列全体の）非常に多くの並列チャンネルを同時に測定しなくてはならないことが多い。

また、2次元光波のスペクトル変調特性の他に關心を集めているのは、所定の空間および時間範囲内の高速動作である。更に、例えば光レーダー法によって、

3次元オブジェクトを迅速かつ正確に測定したいという要望があるが、それには光速のエコー信号の結果としてサブナノ秒範囲の超高速な検出器が必要である。

同時に、能動的または受動的に明るい3次元オブジェクトを走査するという面倒な操作を無くすことが望まれている場合、前述の検出器は検出器アレイとしても利用できなくてはならない。

そのような3Dカメラは、ドイツ特許出願公開明細書第44 39 298号に提案されており、本発明はその内容を基本出発点に採用している。

図10は、エコートランシット時間または位相トランシット時間のプロセスを基礎とする3Dカメラを示すものである。変調光送信器107と103によって照射され、3次元オブジェクト100から反射されるHF変調光波101は、同位相波面の遅延の深さ情報をすべてを含んでいる。入射光波が、ホモダインミキシングまたは復調プロセスに対応する同一周波数の2次元光ミキサ104によって受信開口102内で再び変調される場合、安定した高周波インタフェログラムが得られる。

このHFインタフェログラムは、従来のCCDカメラ104で記録することができ、また、画像処理装置106を使って更なる処理を施すことが可能である。CCD光電量 (photoelectric charge) の混合生成物の定常成分の統合は、2つのミキシング信号の相関関数の構成に対応している。エコートランシット時間および振幅による距離関連の位相遅延は、例えば、 $0^\circ$  と  $10^\circ$  と  $240^\circ$ 、または、 $0^\circ$  と  $90^\circ$  と  $180^\circ$  と  $270^\circ$  など、復調ミキシング周波数の種々の位相により、3つ以上のインターフェログラムから画素的に計算できる。

光空間変調器またはSLMとも呼ばれる2次元光ミキサ103または104は、この場合、例えば、ポッケルス (Pockels) セルを有しているが、このポッケルスセルは資料に一連の重大な欠点が記載されている。

前述以外の実行オプションはLCDウィンドウによって提供されが、これは明らかに安価であるものの、所望帯域幅の観点から見ると約1000分の1ほど低すぎる。

像増幅器に使用されている、いわゆるマイクロチャネルプレートの利用も高価で費用がかかる。マイクロチャネルに印加されてマイクロチャネル内の2次電子

放出に影響を及ぼす加速電圧を変調することによって利得を変調できる。

また、最先端技術で、CCD光検出器アレイを基礎とする2次元相関器が提案されている：「The Lock-In CCD-Two-Dimensional Synchronous Detection of Light」スピリグ(Spirig)、セイツ(Seitz)他著、IEEE Journal of Quantum Electronics, Vol.31, No.9, pp.1705-1708、1995年9月。該文献中、正弦変調光の位相を確認するために、光画素(photopixel)が4つのトランスファゲートによって識別される。各正弦周期ごとに、4つのトランスファゲートによりそれぞれの等距離サンプルが取られ、それによって簡単に位相を計算できる。最初に、帯域幅を著しく制限した走査時間内で高調光信号の統合が行われるために、前述手順は指摘した課題にとっては遅すぎる。また、その後でなければ、走査サンプルとして引き継いだ蓄積電荷を利用する所望のミキシング処理を実施できない。

そこで、本発明の目的は、位相および/または振幅情報、および光波の包絡線を調べるための方法と装置であって、よりシンプルで、より帯域幅が広く、より安価な相関器の概念と、設定可能照明による3次元オブジェクトの高速測定を可能とする方法と装置を提供することである。

前述の目的は、請求の範囲1記載の方法、請求の範囲14記載の光混合素子(photonic mixing element)、請求の範囲20記載の光混合素子配列、および請求の範囲23記載の装置によって達成される。

本発明による原理は、変調光ゲート電圧と、隣接する少なくとも2つの感光変調光ゲートの下の材料の光波によって光発生する少数電荷キャリアの分離とによってもたらされるドリフトを基礎とするものである。この場合、それぞれの関連極性または位相に応じて変調光ゲートに印加される変調光ゲート電圧 $U_{am}(t)$ と $U_{bm}(t)$ の影響を受けて、前述の電荷キャリアが、好ましくはdc電圧 $U_a$ と $U_b$ の2倍でバイアスをかけられた蓄積ゲートにドリフトされる。変調光ゲートの電圧 $U_{am}(t)$ と $U_{bm}(t)$ は補足的に印加されることが好ましく、また、

バイアス電圧およびそれぞれプッシュプル関係に重畳される変調電圧 $+U_m(t)$ と $-U_m(t)$ から構成されることが好ましい。2つの変調光ゲートは一緒に

矩形面を形成することが好ましい。2つの変調光ゲートのみを備えている画素は、2重画素と呼ぶこともできる。

本発明による原理は、電磁波によって生じる光電量子効果を前提とするものである。それにも関わらず、光波に対する照会が常に行われるが、これは制限と解釈されるものではない。

実際のミキシングすなわち乗算処理は、変調光ゲートの右側または左側への、光発生電荷キャリアの変調電圧依存または位相依存ドリフト（「チャージスイング(charge swing)」）にある。これに関し、前述のように分離されて蓄積ゲートに集められ、所定時間内の集積に関係ある電子読出システムに伝達される電荷キャリア間の荷電差は、変調入射光信号の包絡線と変調電圧 $U_m(t)$ との相関関数に関する測定値である。

同時に、蓄積ゲートにドリフトされて通過する前述の電荷キャリアの電荷合計は、チャージスイングの位置による影響を受けない状態にあり、最適な画素強度または画素濃淡値として利用できる。

入射光波の相対位相または時間遅延を求めるには、前述のように、交流電圧成分、直流電圧成分、および相対位相の3つのパラメータについて3種類の測定を行う必要がある。従って、電送器の放射光波に対する3種類の位相ずれを備えた変調光ゲート電圧によって作動される3つの感光変調光ゲートを持った光混合素子画素構成を含むことが可能である。

しかしながら、結果として得られる相関振幅から、光混合素子の各画素の受信信号の位相を求めることが望ましい場合、ミキサ信号の異なる4つの位相に関わる4種類の測定を利用する。これにより、ノイズを大幅に低減できる重複決定(over-determination)が提供される。

1画素あたり2つの変調光ゲートの変調光ゲート電圧をプッシュプル構成することにより、前述の測定の各2種類を同時に実施できる。したがって、例えばHF変調の場合、異なる4つの必要測定値を得るには、それぞれ放射光の位相に対

し、変調光ゲート電圧 $U_{am}(t)$ と $U_{bm}(t)$ について $0^\circ / 180^\circ$  および $90^\circ / 270^\circ$  の位相差で、それぞれ $90^\circ$  ずらして2種類の測定を行うだけで

十分である。

したがって、特に好ましい構成は、それぞれ1つの画素を形成する光混合素子が、対称に配置された4つの変調光ゲートを有し、それぞれ相互に対向するように配置した各2つの変調光ゲートがプッシュプルまたは $180^\circ$ 位相シフト変調光ゲート電圧に応じて作用し、この場合、2重画素に関連させて先に述べた、変調光ゲート電圧の $0^\circ / 180^\circ$  および  $90^\circ / 270^\circ$  の位相差で互々  $90^\circ$  ずらされた2種類の測定が同時に実施される構成である。このような画素を4重画素と呼ぶこともできる。

また、変調光ゲート電圧  $U_{am}(t)$  と  $U_{bm}(t)$  の位相シフトの較正の場合、送信器によって照射される光波の一部が、基準として、複数の光混合素子の配列から成る複数の画素のうちの少なくとも1つに向けられることが可能であることが好ましい。そして、この直接照射画素から得られる位相および振幅の情報は、較正操作に利用できるとともに、位相シフトを所定値に調整するのに利用することもできる。

逆に、能動オブジェクトが放射する入射光波の、個別励起される未知の変調の場合、少なくとも1つの光混合素子によって、ロックイン増幅器の既知の高レベル分解能で光波を測定できる。この目的のため、光混合素子は、送信器に代わる同調可能な変調用発振器 (tunable modulation generator) とともに、位相ロックループを形成する。また、ロックイン増幅で、例えばHF変調のために位相ロックループが使用され、デジタル変調のために遅延ロックループが利用される。

受動物体を調べる場合、種々の方法によって照射光の変調および変調光ゲート電圧  $U_{am}(t)$  と  $U_{bm}(t)$  の対応変調を行うことができる。まず、連続HF変調を生じさせることができる。その場合、荷電差および電荷合計は、画素強度による影響を漸及的に受ける可能性のある間隔で繰り返し読み出され、光波の位相および振幅情報の評価が行われる。

例えば、各ケースで干渉背景照明を簡単に上回るためには、有利な手順は、パルス形HF変調と照明による間欠モード動作である。その場合、光発生電荷は、

高周波パルスのとときにそれぞれ集積されて、後で評価される。

特に反射光波の位相またはトランシット時間を調べる場合、位相またはトランシット時間の分解能のレベルを増大するために、例えばチャープ法などの狭い相関関数により、レーダー技術で周知のHFパルス圧縮法を利用することが可能である。その場合、個々の光混合素子の変調信号と、所定の位相関係で照射される送信器の光波と、調査対称の位相関係で反射される光波とは、チャープによって繰り返し変調される。チャープ変調により、適当な方法で、光混合素子の変調光ゲート電圧と送信器によって照射される光の間に調整可能な遅延を挿入することにより、多くの課題が解決され、または照明されているシーンのやっかいな多重反射が抑制される。

以下に記載する擬似ノイズ変調(PN変調)は、ベースバンドPN変調およびHF-PN変調といった別の形態の変調として利用できる。繰り返し光信号の場合の抽出-保持操作を利用するサンプリング手順は、ニードルパルスによる混合および相関の特殊ケースである。本発明による光混合素子は、パルス変調の前述および他の用途のために有利に利用できる。

言及される変調モードは、それ自体はすべて現状技術において周知である。

蓄積ゲートにドリフトされた電荷は、かくして種々方法による別の処理の対象となる。一方、光混合素子は、CCD技術を利用して作製することができる。その場合、電荷は蓄積ゲートの下に集められすなわち集積され、その後、従来の方法によって、例えば3相シフトサイクルでCCD読出回路に移動され、 $p$ 拡散または $n$ 拡散によって読み出される。

他方、光混合素子は、画素特定電子読出しおよび信号前処理システムを備えた能動画素としてCMOS技術を利用して具現される。その場合、実際には、CCD技術で公知の読出回路は、変調ゲートの両側に直接に取り付けられている。その場合、蓄積ゲートは、ブロック低容量 $pn$ ダイオードの形であることが好ましく、到来した光発生電荷は、好ましくは電極 $G_a$ および $G_b$ によって、電子画素読

出しおよび信号前処理システムに転送され、そこで記憶および処理される。

したがって、後者の場合、チャージスイングの2つの電荷成分は連続的に読み

出され、例えば電荷増幅器により、下流に接続した各キャパシタに実質的にリアクションフリーに記憶される。

それぞれの新測定操作以前に、現状技術において、関連荷電キャパシタが電子リセットスイッチによって放電され、望ましくはリセット状態のときに測定した故障電圧を実際の測定値の修正に利用することが行われている。画素に関してリアクションフリーの読出手順を利用することにより、CCD技術を利用して実施した場合と比較して、光混合素子の全体動力学ならびにそれを利用する測定方法が著しく改善される、という利点が提供される。

別の好適方法において、好ましくはオンチップ集積の形態で、電子画素読出しおよび信号前処理システムで位相および振幅情報を直接計算できる。そのような特定用途光電チップ(ASOC)またはそのような能動画素センサ(APS)により、測定速度が向上し、画素に関する位相および/または振幅の前処理が可能となる。

本発明の重要利点は、電荷の発生および分離と同時に変調が行われることである。つまり、検出と混合が、同時に、しかも余分なノイズや帯域制限を伴う中間段階無しで、実行される。したがって、特に現状技術において生じてしまうタイムドリフトエラーが防止され、時間および空間の点で検出操作とは切り離される電荷変調と集積動作が必然的に生じるが、これらが抑制を受けることはない。

本発明の更に別の利点は、光混合素子の上限周波数である。プッシュプル変調電圧による電荷転送の限界周波数は、最大ドリフト長または転送距離、つまり変調光ゲートの全長の点で、関係MOSトランジスタの限界周波数に匹敵し、従ってGHzレンジに達する。また、面倒なコモンモード信号は反対称電荷キャリアの分離および差分形成(difference formation)によって抑制される。例えば背景照明など、変調信号と相関しない各干渉信号は、電荷差が除かれて、結果的に信号対ノイズ比が高くなる。また、同一チップ上で、検出、混合、電荷キャリア集積、および差分形成を組み合わせることにより、わずかな

タイムドリフトだけになる。また、単一半導体構造内で、実質的に全部の測定関

数を併合処理することが可能となる。

変調器としてポッケルスセルを利用したドイツ特許出願公開明細書第44 3 9 2 9 8号に開示されている最新技術と比較した場合、必要変調電圧は、1000ボルトレンジではなく、1ボルトレンジという僅かな変調電圧に過ぎない。また、本発明による光混合素子の2次元配列では、受信器側に大きな開口が確保される。

また、位相および／または振幅情報を求めるのに際してコヒーレント光も偏光も不要である。したがって、例えば、光の偏りおよび波長に対応する選択フィルタを上流に配置することにより、入射光波の他の特定特性を利用できる。更に、当該配置によって、現状技術で利用されている電子ミキサおよび広帯域光検出増幅器を排除することにより、高レベルな感度がもたらされる。

調査対象である光波のスペクトル帯幅は、光ゲートの下の開閉電荷領域に使用される材料のスペクトル感光度によって決まる。すなわち、例えば、シリコンの場合は約0.3～1.1  $\mu\text{m}$ の波長範囲、InGaAsの場合は約0.8～1.6  $\mu\text{m}$ の範囲、InSbの場合は約1～5.5  $\mu\text{m}$ の範囲である。

光混合素子は、0次元、1次元、または2次元構成で配置することが可能であり、従って、スペクトルの広い使用幾何学形状を実現できる。これに関し、例えば、各画素の距離情報を求めて3次元シーンのカメラショットを極めて高速に実現できるように、例えば10～1000MHzの変調帯域幅で数十万個の光混合素子を並列関係に作動させることができる。位相画像 $\phi(x, y)$ または(変調照明の場合)動径ベクトルまたはボクセル距離による距離画像または深さ画像 $R(x, y)$ は、蓄積ゲートに供給されて読み出される電荷の荷電差によって画素的に求められる。関係電荷の合計から、従来の画素濃淡値 $A(x, y)$ が得られる。この2つを組み合わせることにより、階調画像または3次元画像 $A(x, y, z)$ が得られる。

これに関し、3次元画像繰返し率は約10Hz～千数百Hzの範囲内で、使用光混合素子の数と光強度のレベルに依存している。追加カラーフィルタにより、

距離画像 $R(x, y)$ の通常カラー値、赤 $(x, y)$ 、緑 $(x, y)$ 、青 $(x, y)$ を



得ることができる。

特に混合および電荷キャリアを集積する集積構造により、光混合素子に関して単純な構造が提供される。結局、1点だけでなく1次元または2次元のシーンを記録する場合、反射する可能性のある入射光波の画像形成には、従来の光学的画像形成システムで十分であるので、受信チャネルに特別に費用をかける必要がない。測定装置は、光送受信システムの同期ズームによって種々の3次元シーンに柔軟に対応できる。

本発明による方法、および、対応する混合素子または複数混合素子配列の場合、画素の位相すなわち画素トランシット時間および画素輝度が、能動画素センサ構造（APS）によって直接確認されるのであれば、好ましくは同一チップ上に配置された多重構造（いわゆる、オンチップ多重構造）によって選択的または連続的に読み出されることが望ましい。これにより、処理速度が向上し、また、他の所要要素数が減少する。

濃淡画像のように、更に画素の輝度を関連蓄積ゲートの電荷合計として評価する場合、特に好適な本発明の実施態様は、背景照明の場合、つまり、変調光の横にある非変調光の場合に、一方で照明オン時、他方で変調光が無い状態つまり変調光源切断後で実現される濃淡画像間の差を生じる手順により、蓄積ゲートの上記追加照明によって生じた電荷を計算によって除去する。蓄積ゲートの基本輝度または基本電荷量には関連情報が含まれていないので、実際の関連情報は、基本量を差し引いた後に更に明瞭に示される。

前述のように、該実施態様が、線状アレイ、面状アレイ、または空間状アレイのいずれかで複数の混合素子を使用する場合に適していることは明白である。ここで「線状」アレイという用語は、まっすぐな列に並んでまたは連続的に配置した混合素子一式のみを意味するのではなく、一般に、まっすぐかもしれないし、曲がっているかもしれない線に沿って配置されている混合素子一式のことを意味する。面状配列の場合、混合素子は原則として、実際的理由から好適であるにせよ、矩形行列の形態の平面状の混合素子アレイだけでなく、例えば球面シェルの

内面の曲面上など、任意の所望パターンで配列できる。また、ある角度をなす複

数の表面、すなわち、互いに1つの角度を含む2つの表面上に同時に混合素子のアレイを適用することも可能であり、そのような配列は一部の用途に適している。この種の配列は、「空間状アレイ」という用語で表される。

複数の、場合によっては数百または数千の混合素子から成る前述のアレイの場合、本発明による方法の有利で望ましい構成は、画素または混合素子の少なくとも1つが、照明として作用する輝度変調電磁波の一部によって直接照射される構成であり、その場合、そのようにして得られた測定結果は、前述の少なくとも1つの画素で、別の位相および輝度の結果を校正するために使用される。これに関しては、そのような画素が送信器によって選択的に異なる輝度レベルで活性化される場合、または、複数の基準画素が使用される状況下でそれら各画素が別々のレベルで活性化される場合に望ましい。これにより、測定信号の大きな動的スコープによって起こりうるエラーを回避することが可能となる。

これは、前述種類の1次元以上の混合素子配列の場合に、MOS技術を利用してシリコン基板上に画素を作製し、それらの画素を好ましくはCCD構造を備えた多重構造を利用して読み出せるのであれば、好ましい。

本発明による混合画素は、デジタル写真カメラまたはビデオカメラに用いるのに特に適していることを理解されたい。この目的のために必要なことは、集積受信光学系と、電子評価系と、そこから計算される濃淡値およびトランシット時間または距離画像用にデジタルメモリを備えた、種々の信号、合計信号および関連基準信号の信号処理系と、を有している適切な混合素子配列（例えば、矩形行列の形）を用意することだけである。該配列は、適切な送信器、または変調電磁波か変調光によって3次元シーンを照らす適切な光源、および受信光学系に応じて適切に調節できる送信光学系も備えており、これらの構成要素がすべて組み合わされてデジタルカメラとしての小型装置を構成する。これに関し、デジタル写真カメラとデジタルビデオカメラの違いは、基本的には、関係ビデオカメラではかなり多数の画像を相当に短い時間間隔で記録および記憶しなくてはならないので、関係画像シーケンスの記憶および再生に適した装置を用意しなくてはならない

ということだけである。

また、すべての用途において、シーンの照明は種々スペクトル領域の変調光によってのみ行われるので、そのようにして得られた画像の色成分すなわち色彩成分を、同時供給される空間的深さ情報と共に利用することにより、完全なカラー画像を獲得および再現できることを理解されたい。

より高い帯域幅の場合、および、例えば効果的エッジ検出の場合も、特に感光面のエッジ部に生じる変調ゲートの理想電位構成からの逸脱が実質的に排除されるように、画素中央部への入射光を少なくする微小レンズ光学系を、混合素子または画素と関連付けて用いることが望ましい場合がある。微小レンズ光学系によってもたらされる、混合素子の検出器平面のピンぼけ画像形成によって保証されることは、2つの半画素間の中央にランダムに広がるエッジの画像生成によって、相関関係または誤った深さ情報をシミュレートする種々の電荷を蓄積ゲートに生じないことである。

本発明による光混合素子を備えたアレイは、問題となっている配列という観点から、また、探索対象、場合によっては追跡対象となっている物体の深さ情報すなわち物体距離に対して付加的なされる検討によって、所定の1、2、または3次元構造を検出したり、場合によっては追跡するのにも、極めて適している。

具体的観点から言うと、変調信号の振幅と、変調信号のX座標、Y座標、および時間座標T(ここで、XとYは混合素子行列の平面上に伸びる2つの1次独立座標であり、時間Tは変調信号のトランシット時間の遅延を意味する)の変位( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta T$ )によって3次元相関が実現され、それによって所定空間内で所定3次元物体が探索され、検出され、場合によっては追跡される。

本発明による光混合素子は、更に、光データ転送の分野においても広範囲な用途がある。これに関し、本発明による光混合素子は、単に、場合によっては信号再生を伴う従来の信号受信器の光ダイオードに代わって使用され、その場合、変調信号の形状は最適方法によって信号形状に適合され、変調信号の位相は位相ロックループにおいて最適方法によって受信信号の位相位置に適合される。つまり、信号自体からクロックが選られ、該クロックは、受信信号の最適重み付けに利用

され、それにより、信号をノイズのある面倒な背景から最適方法で分離することができる。このように、従来の光ダイオードと比較して、光データ伝送の感度と精度を大幅に向上できる。これにより、中間増幅を行ったり、時間、周波数、および多重コードモードの並列通信チャネルを増やしたりせずに、光送信部の長さを大幅に増大することもできる。

最後に、本発明による光混合素子は、例えば、信号を符号化出力できる衛星送信機によって極めて正確な位置測定を提供する公知GPSシステムに組み込まれているものと基本的に同様な操作モードを備えた光学系の位置検出システムに利用することも可能である。当該光学式位置検出システムでは、GPSシステムで公知の衛星送信機を、例えばレーザダイオードおよび光拡散または分散システムで位置を調べる物体の、より近くに相応に配置される広分散変調光源と交換し、一方、受信機は物体の1つ以上の光混合素子によって、好ましくは、種々の変調により種々の点に固定的に配置された光源からの信号を検出するために種々の方向に向けられた複数の光混合素子によって、形成される。その場合、関係信号トランシット時間と同様に、コード化変調によって、固定光源と、位置を知りたい物体と、が明確に関係付けられ、それによって位置を求めることができる。

更に別の用途は、光データ伝送用のデマルチプレクサという使い方である。光混合素子による特殊変調および関連相関という形のコード化により、種々のチャネルを明確に関係付けることができる。

本発明による光混合素子の高レベルな位相感度の更に別の用途および使い方は、サニャック (Sagnac) 効果の測定、すなわち、回転基準系の光波のトランシット時間すなわち位相シフトの測定である。この目的のために、変調光は好ましくは何回かターンさせて敷設してある光ファイバに結合され、光ファイバの出力によって本発明による光混合素子の1つを照射する。この混合素子の変調ゲートは、供給された光波と同じ周波数で変調されるので、光混合素子における電荷分布という形態の相関結果から、現在の周波数または位相シフトに関する測定値を求めることができる。回転軸が光ファイバまたは導波路のターン部の平面にない基準系を1回転する間に、周波数とトランシット時間、およびそれに伴って位

相位置も変化し、それらは光混合素子によって自動的に検出される。これに関して言うと、光混合素子を使って、非コヒーレント光によって前述のサニャック効果を基礎とするファイバジャイロコンパスシステムを具現でき、しかも該ジャイロコンパスシステムは現状技術による対応エラー源として長期安定性関連の問題を生じることはなく、光検出器下流の高周波増幅器および電子ミキサが完全に除去されることは注目に値する。

また、本発明による光混合素子によって、前述のシステムで実現される絶対方向測定他に、例えば、一部の光波が、光導波管に誘導される以前にビームスプリッタ内で除去されて静止物体の方に向けられることによって、移動物体の速度測定を実施することも可能である。その場合、静止物体から反射した光が適切な光混合素子受信器によって捕捉され、既に複数事例について説明した方法により、ここではドップラ周波数偏位について評価される。

直線画像または行列画像の付加的深さ情報の個々の意味と重要性に応じて、任意の数の光混合素子を、CCD-、CMOS-、またはTFA（ASIC上の薄膜）-画像センサの適切な技術で集積することが可能である。

また、本発明による3次元直線または行列カメラを使用する場合、従来の2次元カメラを付加的に使うことが適切な場合があり、その場合、3次元カメラへの能動変調照明素子および他の非変調照明素子のスペクトル割当てと供給をビームスプリッタによって実行することが好ましい。

3次元測定または調査で光混合画素を利用するときに、距離が大きくて変調光が弱すぎる場合、少なくとも2つの3次元直線または行列カメラを組み合わせたものを使うことが可能である。その場合、本発明による測定または調査は、近傍領域ではトランシット時間原理を基礎として、遠方領域では特に既存の背景照明を利用した三角測量原理を基礎として行われる。

その場合、近傍領域の深さ測定は、この場合は少なくとも2つのカメラで並行に、先述した通りに実施される。

遠方領域の深さ測定の場合、PMDチップの中央点を通るように形成されたカメラの光軸が、例えばPMDチップを水平および垂直方向およびPMDチップ間

隔を基準として適切に移動させることによって、測定対象の体積領域の共通交差点に向けられ、それと同時に、カメラの光学系の焦点がこの距離に設定される。事前に適切な調節を行うことにより、画素の輝度値が該体積領域の最大の深さ鮮鋭度と符合する。

当該体積領域内で物体を検出および識別するときに、差分画像に関して、画素の振幅が一致する場合、短時間に印加される交流変調電圧によって光混合素子の総和画像 (sum image) が追加され、該総和画像は設定距離データと関連付けて評価され、一方、一致しない画素の振幅は、ゼロに設定した変調電圧  $U_{\text{sa}} = U_{\text{sb}} = 0$  によって差分画像から除去される。

このように、変調送信器照明の範囲外も、角度走査によって測定および調査される。このとき、所要角度は、PMDチップの適切移動と、各ステレオカメラの回転と、および／または装置全体の枢動によって達成される。

多数の可能用途のほんの一部を、本明細書中に部分的に詳細に、または部分的に簡単に説明した。これらの可能用途は、それ以外の可能用途も記した以下の表にも記載されている。その更なる説明は本発明の適用範囲を超えるものであり、その点で、以下の表は決して徹底したものではない。

更に具体的に述べると、可能用途は、以下の領域において有意であるとともに、構想可能である。

- ーデジタル式 3 次元写真カメラ
- ーデジタル式 3 次元ビデオカメラ
- ー危険領域監視
- ーセキュリティ技術と「インテリジェントビル」
- ー自動車の乗員の検出および識別「インテリジェントエアバッグ」
- ー電子式 3 次元バックミラー
- ー道路交通の交通状況認識
- ー自律性車両のナビゲーション
- ー非コヒーレントファイバジャイロとドップラー速度測定
- ー自律性輸送車両の制御

- 産業クリーニングロボット
- 個人識別、アクセス権の証明および確認
- 例えば車両などの物体の識別
- 生産監視、材料試験、100%品質試験
- ロボットハンドおよび強靱で小型のあらゆるソリッドステートの「3次元アイ」、

- 車両速度および走行距離測定、道路状況検出、交通渋滞
- トラックフリー信号、線路上の接触ワイヤ監視
- 医用工学、内視鏡検査
- 光学式自由空間またはライン通信のためCDMA技術
- 例えば、マルチメディア領域における会話形3次元通信
- 1列の光混合素子による移動物体の3次元測定

これに関し、本発明の光混合素子（以下、「光ミキサデバイス」を表す“PMD”と略す）は、以下の長所に重点が置かれている。

1. PMDの組合わせ： $1/100 \sim 1/1000 \text{ mm}^2$ という極めて小さい空間に、検出、プッシュプル、混合および集積を組み込んである→電気-光学の相関。

2. 2倍/4倍PMD：優れた動特性およびグループトランシット時間定常性を備えた2個または4個の高価な広帯域増幅器、および、それぞれ2個または4個の電子ミキサと、取り替えた。

3. 送信器と受信器間の高レベルな電子クロストーク感度を解消。

4. 数十万個の並列電気光学変調器を備えた高レベルな集積性。

5. PMD-3次元写真またはビデオカメラは、光送受信器用の光ズームシステムにより、完全統合可能であり、しかも小型、軽量、強靱で、柔軟に適応可能。開口角約 $5^\circ \sim 50^\circ$ で、距離約20cm～50mという自然表面測定ボリューム。

6. 10Hz～1000Hzレンジの超高速3次元画像記録。感度およびS/N比は、現在のCCDまたはCMOSカメラに対応。

7. 予想深さ分解能は、各測定時間、照明強度、関連光学、および最適基準による間隔に応じ、約0.5mm～50mm。

8. GHzレンジまでの各画素サイズに応じて最大帯域幅。

9. 1ボルト未満の範囲の変調電圧。

10. 無コヒーレント光、偏光、または狭帯域光が要求され、スペクトル領域は感光材料に対応(例えば、InSbの場合は、5.5μm以下)。

11. データ融合による3次元深さ画像および2次元濃淡値画像の同時記録により、3次元濃淡値画像(または3次元カラー画像)の最適評価を実現。

12. 集積時間 $T_i$ を強度に応じて変更することにより、読出回路が約8ビットずつダイナミックを増加できる。

ここで、図面を参照しながら、実施例によって与えられる実施態様を介して本発明を以下に更に詳細に説明する。

図1のa)は、CCD技術を利用した本発明による光混合素子の第1の実施例の画素断面図である、b)～f)は、2つの相補形変調光ゲート電圧 $U_{am}(t)$ と $U_{bm}(t)$ の種々の位相および時間のポテンシャル分布 $U_s(t)$ である。

図2は、ライン間伝送読出装置の一部を含むCCD技術を利用した2つの線形配置画素のブロック図である。

図3は、入射光の強度分布と、HF変調の場合の電圧 $U_{sep}(t)$ 、 $U_a(t)$ 、 $U_{am}(t)$ 、 $U_{bm}(t)$ 、および $U_b(t)$ の電位パターンを示す図である。

図4は、相対位相すなわちトランシット時間シフト $\phi_{opt} = \omega_m \tau$ に対応するHF変

調の場合に、蓄積ゲートにドリフトする平均化光発生電荷キャリア電流 $\bar{i}_g$ および $\bar{i}_b$ の形で光混合素子の混合および相関結果の特性を示す図である。

図5はPN変調の図で、a)に変調信号を示し、b)に $T_b$ の第3および第4



の変調ゲート c m および d m の変調信号遅延の場合の、2 重画素 ( $\bar{i}_a$  および  $\bar{i}_b$  のみ) および  $\bar{i}_a$  と  $\bar{i}_b$  を備えた 4 重画素の混合および相関結果の特性を示し、c) に距離評価に関連する差分値  $\Delta \bar{i}_{ab} + \Delta \bar{i}_{cd} = \bar{i}_a - \bar{i}_b + (\bar{i}_c - \bar{i}_d)$  および  $\Delta \bar{i}_{ab} - \Delta \bar{i}_{cd} = \bar{i}_a - \bar{i}_b - (\bar{i}_c - \bar{i}_d)$  を示す。

図 6 の a) は、変調光ゲートおよび蓄積ゲート下に中間変調光ゲート G<sub>0</sub> とポ

テンシャル分布を備えた本発明による光混合素子の CCD 技術を利用した第 2 の実施態様の画素の断面図であり、b) が正、c) が負の変調電圧 U<sub>m</sub>(t) の場合の図である。

図 7 の a) は、本発明による光混合素子の第 3 の実施態様の画素の断面図であり、b) ~ f) は、図 1 と同様の種々位相のポテンシャル分布を示す図である。

図 8 は、4 重画素と呼ばれる、4 つの変調光ゲートと 4 つの蓄積ゲートとを備えた本発明による光混合素子の第 4 の実施例の画素を示す平面図である。

図 9 は、4 つの変調光ゲートと、4 つの蓄積ゲートと、中央対称中間ゲート G<sub>0</sub> とを備えた本発明による光混合素子の第 5 の実施例の画素を示す平面図である。

図 10 は、光波の位相および振幅情報を調べるための、現状技術で周知の装置の線図である。

図 11 は、高周波変調の場合の光波の位相および振幅情報を調べるための本発明による装置の線図である。

図 12 は、例えば、PN 変調または矩形変調の場合の光波の位相および振幅情報を調べるための、本発明による装置の線図である。

図 13 の a) は、CMOS 技術を利用した電子画素読出しおよび前処理システムを備えた本発明による光混合素子の第 6 の実施態様の画素の断面図であり、b) と c) は、変調光ゲート電圧の 2 つの位相または極性のための、図 6 と同様なポテンシャル分布を示す図である。

図 14 は、好ましくはデジタル変調用の、4 つの変調光ゲートと 4 つの蓄積ゲートと中間ゲート G<sub>0</sub> とを備えた、十字形に構成された光混合素子の第 6 の実施

例の画素の平面図である。

図1 a に、CCD構造の実施例を用いた光混合素子の独立素子1の断面図を示す。この場合、光混合素子は、画素1の他に、電圧供給および信号テークオフ動作に必要な構造を備えている。外側ゲート $G_{sep}$ は、隣接構造に対して当該画素の境界を電氣的に定める役割しかない。

図1記載の配列は、p添加シリコン基板2上に形成されている。まず最初に、提案概念である混合すなわち乗法演算に関連して、純粋なCW高周波変調の場合について検討する。

断面に関して言うと、図1 b ~ f は、混合手順の種々位相のポテンシャル分布を模式的に示している。中間変調光ゲート $G_{am}$ と $G_{bm}$ は感光部で、反転状態にある。これらは、例えばポリシリコンの導電性すなわち一部が光学的に透明な上カバーの正のバイアス電圧 $U_0$ と、重畳プッシュプル電圧 $U_m(t)$ とによって作動される。これにより、変調電圧 $U_{am}(t) = U_0 + U_m(t)$ および $U_{bm}(t) = U_0 - U_m(t)$ がそれぞれ与えられる。

これらは、例えば酸化シリコンまたは窒化シリコンから成る絶縁層3の真下にある空間電荷領域の入射光波の光子によって生成される負電荷キャリアを乗法により分離させる。これらの電荷キャリア（当該実施例では、電子）は、変調プッシュプル電圧の影響を受けて、正の蓄積ゲート $G_a$ または $G_b$ のごく近傍にドリフトし、そこで集積されるが、多数の電荷キャリアまたはホールはp-Si基板の接地端子に流れる。後方照明も可能である。

図2に、相関によって得られる電荷値の逐次処理用に拡散接合を備えた電子読出しシステムを一端に配した、3次元CCDシフトレジスタの形態のライン間伝送読出装置7の一部を含む、本発明による光混合素子の2つの画素1の平面図である。例えば、n番の画素のラインの全蓄積ゲート下の電荷蓄積に要する所定時間 $T$ の後、 $G_a$ および $G_b$ の下に電荷 $q_a$ および $q_b$ は、それぞれトランスファゲート $TG_a$ および $TG_b$ を介して、3相読出しシフトレジスタに渡される。境界分離ゲート $G_{sep}$ は、望ましくない外部影響から相関画素を保護する。境界分離ゲート $G_{sep}$ は接地電位であることが好ましい。

図3に、図1に関連する電圧構成を示す。変調光ゲート $G_{am}$ および $G_{bm}$ は、位相対立HF変調電圧 $U_m(t)$ を含む図3記載の変調光ゲート電圧によって作動される。変調光ゲート電圧は次のように示される。

$$U_{am} = U_0 + U_m \cos(\omega_m t) \quad (1a)$$

および

$$U_{bm} = U_0 + U_m \cos(\omega_m t - 180^\circ)$$

$$= U_0 - U_m \cos(\omega_m t) \quad (1b)$$

図1b～fでは、HF変調信号の期間 $T_m$ 内の $t_0 \sim t_8$ の時間系列における、代表的画素1の問題の全ゲートの、該画素1の空間的範囲を超える空間電荷領域のポテンシャル分布 $U_s(s)$ がはっきりと示されている。相対的に高い正電圧により、光発生電荷キャリアが、変調光ゲート電圧 $U_{am}(t)$ および $U_{bm}(t)$ の極性に応じて、図1に断面を示した画素1の左側または右側に向かって大多数がドリフトした後に、蓄積ゲート $G_a$ と $G_b$ に蓄積される。この動作は、光変調電圧と変調光ゲート電圧 $U_{am}(t)$ が同じ周波数を備えているときに特定の効果を呈する。それぞれの位相差 $\phi_{opt}$ に応じた、蓄積ゲート $G_a$ および $G_b$ への電荷キャリア

リアドリフトの平均優先方向が存在する。関連平均化電流は $\bar{i}_a$ および $\bar{i}_b$ で表される。

基礎となる相関手順は、数学的に次のように説明される。光混合素子の2次元アレイの最も一般的な場合の受信平面では、 $z=0$ で、入射変調光波は一般に $P_{opt}(x, y, t-\tau)$ で表される。入射変調光波は、そこで作用するプッシュプル変調信号を備えた光発生電荷キャリアによって、 $U_m(x, y, z)$ という一般的な形で表され、2つの蓄積ゲートの電荷差について概算乗算または概算積分によってリンクされる。対応する相関関数 $\phi_{Um, Popt}(x, y, t)$ は、例え

ば、蓄積ゲート $G_a$ および $G_b$ への電荷キャリアドリフトの全平均化差分 $\Delta q_{ab}$ ／ $T = \Delta \bar{i}_{ab} = \bar{i}_a - \bar{i}_b$  ( $T$ =積分時間) について、最も一般的な場合、位置に応じ

て、次のトリプルコンボリューションとして表現される。

$$\varphi_{Um}, P_{opt}(x, y, \tau) = k_1 U_{am}(-x, -y, \tau) *** P_{opt}(x, y, \tau) = k_2 \Delta \bar{i}_{ab}(x, y, \tau) \quad (2)$$

但し、トランシット時間差  $\tau = \phi_{opt} / \omega_m$ 、変調角周波数  $\omega_m$  および、構造依存であるが動作原理の点で重要でない定数  $k_1$  および  $k_2$ 、で表される。

本発明による光混合素子は、光電子の分離電荷高速転送と、そのプッシュプル

記憶と、差分および合計評価とにより、高い位置および時間分解能レベルで前述

の目的を達成する。これに関し、不安定な光波の場合に時間依存の平均化ドリフ

ト電流差  $\Delta \bar{i}_{ab}(t) = \bar{i}_a(t) - \bar{i}_b(t)$  を生じることによって、厄介なあらゆ

る偏り成分が抑制され、同時に、変調電圧  $U_m(t)$  により光信号  $P_{opt}(t - \tau)$  に関して所望の相関関数が構成される。

この手順を以下に詳しく説明する。 $U_{am}(t)$  および  $U_{bm}(t)$  によって生じるHFドリフト電界により、それぞれ正の側への電子がドリフトされる。例えば、変調光ゲート電圧  $U_{am}(t) = U_0 + U_m(t)$  の正の半波のとき、すなわち  $U_{bm}(t) = U_0 - U_m(t)$  の負の半波のときに、光発生電荷キャリアが蓄積ゲート  $G_a$  にドリフトし、そこで電荷量  $q_a$  として集積または渡される(図1bとcの上2つの変調光ゲート電圧分布を参照)。図3では、安定した調和変調照明の場合の1画素あたりの光強度が次のように示される。

$$P_{opt}(t - \tau) = P_0 + P_m \cos(\omega_m t - \phi_{opt}) \quad (3)$$

式中、 $P_0$  はバックグラウンド照明を含む平均値であり、 $P_m$  は変調振幅であり、 $\omega_m$  はHF変調周波数であり、 $\phi_{opt}$  は位相遅延であり、 $\tau = \phi_{opt} / \omega_m$  は変調位相  $G_{am}$  に対する入射光波の対応トランシット時間遅延である。1画素当たりの総発生光電流は次の通りである。

$$\begin{aligned} i(t) &= S_\lambda \cdot P_{opt}(t - \tau) \\ &= S_\lambda \cdot [P_0 + P_m \cos(\omega_m t - \phi_{opt})] \end{aligned} \quad (4)$$

$$i(t) = I_0 + I_m \cdot \cos(\omega_m t - \phi_{opt}) \quad (5)$$

ここで、パラメータ  $i(t) = i_a(t) + i_b(t)$ 、 $I_0$  は  $P_0$  に基づく画素光電流の平均値、 $I_m$  は  $P_m$  に基づく変調光電流の交互振幅、 $S_\lambda$  はスペクトル感度である。この1画素あたりの総光電流は、2つの成分、具体的に述べると、蓄積

ゲート  $G_a$  の電流  $i_a(t)$  と蓄積ゲート  $G_b$  の電流  $i_b(t)$  に分けられる。これらの値は、CCD技術の場合はそれぞれの蓄積ゲート  $G_a$  および  $G_b$  の下で統合され、画素に関して読出しを行うCMOS技術の場合は好ましくは電子読出しシステムの中で統合されるので、これら電流の平均値  $\bar{i}_a$  および  $\bar{i}_b$  を以下で考慮する上で

何の支障もない。最大の電荷分離は、角度  $\phi_{opt} = 0$ 、 $\tau = 0$  で達成される。この状況を図3に示す。

適切な変調振幅、無視できるほどのドリフトトランシット時間、 $p_m = P_0$  の100%変調深さなど、平均光電流  $\bar{i}_a$  および  $\bar{i}_b$  にとって理想化状態にあると想定す

ると、調和変調によって以下が与えられる。

$$\bar{i}_a = \frac{I_0}{2} + \frac{I_m}{\pi} \cos(\phi_{opt}) \quad (6)$$

$$\bar{i}_b = \frac{I_0}{2} + \frac{I_m}{\pi} \cos(\phi_{opt}) \quad (7)$$

図4に、前述の理想化平均画素電流の構成を示す。これらは、HF変調受信光と、変調光ゲート  $G_m$  および  $G_{bm}$  に印加されるHF変調光ゲート電圧とに起因する、逆位相形相関関数である。その合計は、平均光パワー  $P_0$  に相当する。時間  $T = N * T_m$  にわたって（すなわち、HF変調電圧のN回の期間  $T_m$  にわたって）蓄積される総電荷量により、以下が与えられる。

$$\bar{i}_a(\tau) \cdot T = q_{at}(\tau) = \frac{I_0}{2} + const. \int_0^T P_{opt}(t - \tau) \cdot U_m(t) \cdot dt \quad (8)$$

ここで、位相遅延に対応するトランシット時間  $\tau = \phi_{opt} / \omega_m$  である。以下、 $q_{at}$  は、 $q_a$  だけで示す。全部の画素1の蓄積ゲート  $G_a$  および  $G_b$  それぞれの電荷

総計は、位置的に離散した2つのHFインタフェログラム、a-インタフェログラムおよびb-インタフェログラムを構成する。b-インタフェログラムはa-

インタフェログラムから $180^\circ$ ずれており、それらの差分を出すことによって、求めようとしている、数式(2)に示した、トランシット時間決定差分HFインタフェログラムが出る。

図11は、光混合素子のアレイを基礎として直接混合を利用する本発明による3次元カメラの模式図である。図10に記載の現状技術で公知の3次元カメラの概念と比較して、図11では、光学的受動3次元物体を照射するための送信器4の変調を、レーザダイオードの電流の直接変調によって実施している。その場合、HF発振器13によって変調がもたらされる。距離が大きい場合、例えば、好ましくは一般的な変調電流で、目の安全のために複数の波長から成る強力レーザダイオードアレイを使うことが有利である。

第1の光学系5は、物体6の表面に光波の画像を形成する。物体6から反射された光波は、次に、第2の光学系6を介して、光混合素子アレイ8の表面に投射される。

更に光混合素子アレイ8はHF発振器13によって活性化されるが、この活性化は、HF発振器13による、放射光波の位相に対する種々の位相シフトによって行われる。まだ光混合素子アレイ8の信号の評価がオンチップで行われていない場合には、評価装置9によって評価がなされる。

本発明による測定装置によれば、提案される3次元カメラの概念には、本発明による光混合素子アレイのほかに、高い絞り値の他の光変調器は不要であり、これによって経済的に有利な構造が提供される。

こうして得られた相関振幅から画素の位相 $\phi_{opt}$ を求めるために、ミキサ信号の異なる4つの信号の場合、前述のように、全部で4つの異なるインタフェログラムが使用される。ミキサ信号の4つの位相は、変調光ゲート電圧 $U_{am}$ と $U_{bm}$ の位相関係が、 $0^\circ/180^\circ$ の状態から $90^\circ/270^\circ$ の状態に切り換わった状況、すなわち $90^\circ$ 遅延した状況で生じる。これにより、実際の、すなわち、同相成分に対する2つの対応仮想成分すなわち直交成分が与えられ、そこから、

求めている画素位相を前述の数式(10)によって計算できる。

同時に、この動作モードにより、背景の明るさおよび混合操作によってもたら

される厄介なオフセット電圧を解消できる。

また、一例として、光混合素子アレイの平面の好ましくは同一周波数の変調電圧  $U_m(x, y, t)$  を利用した2D相関によるCW変調3次元光波に関して記載した測定操作に加え、本発明による測定装置を、パルス形の変調信号と組み合わせることで有利に利用することも可能である。

特に、光の疑似ノイズ変調は、3次元光波の高精度トランシット時間測定に有利である。一例として、光学的受動3次元物体の調査または測定するための実施態様を図12に示す。図11の調和変調に関わる実施態様と同様に、本発明による装置は、所定の強度でPN(疑似ノイズ)変調された光で3次元物体6を照射する適切な照明装置を有し、反射されて受信された光は、好ましくは発振器13によって生成される対応PN変調信号を利用して、相関手順にかけられる。

ワード長  $T_w = T_B(2^N - 1)$  が増加する、その種のPN信号に関する相関は、ビット幅  $T_B$  と相等しい半値幅を有する三角ニードルパルスに似ており、従って、全照明体積すなわち照明された全空間を明確かつ完全に測定するためには、変調光ゲートの同一信号形状の、光変調PN信号と復調PNプッシュプル電圧  $U_m(t)$  との間の相対遅延  $T_D$  は、連続的または段階的に  $T_B$  段で、最大エコートランシット時間の全体遅延レンジを、少なくとも1度は通過しなければならない。この目的のため、制御および評価装置9によって遅延  $T_D$  に関する調節ができる遅延部材11が役に立つ。

図5aに、矩形の15ビットPN系列の例に関して、変調信号  $U_m(t)$  を示す。光混合素子による相関の結果は、相対遅延  $\tau$  に関連して図5bに示した平均

化ドリフト電流  $\bar{i}_d$  および  $\bar{i}_b$  である。

図8、9、14に記載された、以下に説明する4倍画素の場合、変調光ゲート  $G_a$  および  $G_b$  に印加され、バイアス電圧  $U_0$  に重畳されるプッシュプル変調光ゲート電圧は、変調光ゲート  $G_a$  および  $G_b$  に印加されるプッシュプル変調光ゲート

ト電圧に対して、 $T_B$ だけ遅延されること、すなわち $U_{cm}(t) = U_o + U_m(t - T_B)$  および $U_{dm}(t) = U_o + U_m(t - T_B)$  が好ましく、それによって、非常に有利な振幅およびトランシット時間測定がもたらされる。

変調電圧に関する所定の遅延 $T_d$ を除き、送信器4によって照射される光強度  $const. \cdot P_{opt}(t)$  は、同一PN信号構造を含む。反射は、エコートランシット時間後に光混合素子に達する。背景明度の無い理想的なケースでは、 $T_D = 0$ のそれぞれの相対トランシット時間遅延 $\tau$ に基づく、プッシュプル変調電圧との相関により、二重画素の場合は図5b記載の平均画素電流 $\bar{i}_a$ および $\bar{i}_b$ となり、更に規定された $T_B$ 時間のシフトがある四重画素の場合は $\bar{i}_c$ および $\bar{i}_d$ となる。最

初にこの相関特性から、例えば、前後に重なるように並べられた部分的に透明な複数の物体区別したり、多重反射を解消するために、同一動径ベクトル上で複数の物体反射が区別できることが分かる。

更に、図5cに記載されているように、平均ドリフト電流差の合計および差は、二重画素の場合は連続的に生成されることが好ましく、四重画素の場合はそれぞれ対応する電子画素読出および信号前処理システム15で同時に生成されることが好ましい。これにより、ゼロ以外の信号値が発生する $T_B \sim 2T_B$ 幅の測定ウィンドウだけにあるような高感度測定が実現される。合計を評価することにより、最小振幅を基礎とする測定の妥当性を判断できる。また、差は有用な $T_B$ 幅測定ウィンドウで急勾配直線構成を示し、それにより、高分解能でトランシット時間を求めることができる。以下は、ここで理想的と考えられる例に該当する。

$$\tau = T_D + \frac{T_B}{2} - \left[ \frac{\Delta \bar{i}_{ab} - \Delta \bar{i}_{cd}}{\Delta \bar{i}_{ab} + \Delta \bar{i}_{cd}} \right] * \frac{T_B}{2} \quad (9)$$

提案される対応光検出器アレイを基礎としてPN変調により3次元物体を光学的に測定するための対応測定装置のブロック図は、図12から分かるように、特に簡素な構造である点に特徴がある。この場合、発振器10および遅延部材11の他に、図11に記載のものと同じ構造が含まれている。

本発明によれば、かなり低レベルな分解能で速やかに距離を確認するために、



周期 $T$ および好ましくは同一パルスおよび間隔持続時間 $T_b$ の発振器10は、送信器4の単純な矩形変調を利用している。トランシット時間確認作業は数式(9)

に基づいて実施される。分解能のレベルは、2分の1に減少する周期持続時間 $T$ にともなって段階的に増加する。その場合、第1の測定ステップの次に第2のステップが続く。第2のステップは、周期は同じであるが時間シフト $T_d = T/4$ がある。

一例として図1に記載されている、本発明による光混合素子の画素1の断面を、プッシュプル変調電圧によって生じる電位勾配に関して適した構成によって、その限界周波数について最適化することができる。これに関し、図6に一例として変調光ゲート $G_{an}$ と $G_{bn}$ との間に中間ゲート $G_0$ を配置した実施態様を記載する。該中間ゲートは、バイアス電圧 $U_0$ であって、変調光ゲート $G_{an}$ および $G_{bn}$ と共に3つの電位段階を構成することが好ましい。望まれるのは、できる限り均一な電位勾配、すなわち、できる限り一定な変調ドリフト電界であるが、これは2から3、またはそれ以上に段階数を増加することによって達成される。感光空間電荷領域においては、いずれにしても該段階の定義または断言の程度は、絶縁層3からの間隔にともなって減少する。この効果は、本発明による別の実施態様で、更に詳しく述べると、「埋設チャネル」として知られているもの、すなわち、絶縁層から数 $\mu m$ 離れ、変調光ゲートの下のp基板にいくぶんか深く入っている、弱く不純物拡散されたnチャネルを使うことによって、利用される。蓄積ゲート $G_a$ および $G_b$ が光波によって点灯したり、余分な電荷キャリアが発生しないように、この配置構成は蓄積ゲート $G_a$ および $G_b$ のシェーディング12も有している。

図1のものと比較して、2つの変調光ゲートが共通の蓄積ゲート $G_{s,n}$ でそれぞれ分離されている点のみが異なっており、それによって、より高度な充填作用を達成する、光混合素子の特定の構成および接続を図7に示す。この配置構成も、蓄積ゲート $G_a$ および $G_b$ のシェーディング12を有している。この場合、プッシュプル変調電圧の極性すなわち $G_{an,n}$ および $G_{bn,n}$ のシーケンスは画素毎に変

化する。このゲートの三重周期は、同時に、三相シフトレジスタとして作動させることによる直接読出しにも適している。ある種の応用装置については許容できる欠点は、それぞれの隣接画素にも及ぶ電荷分布であり、それによって見掛け画素サイズが大きくなって対象方向の位置分解能が低下する。

これら内部関係および影響を計算することにより、電位差を評価すると、100%有効電荷と比較して、中央の画素がわずか50%しか得られず、隣接する2つの画素がそれぞれ25%ずつ得ると考えられる。

電荷分布を説明するために、図1と同様に、図7にCW変調のポテンシャル分布の種々の段階を示す。

図8に、CW変調の場合にI状態とQ状態の間でIQ(I:同相、Q:直角位相)の切換えを必要としない光混合素子の画素デザインの更に有利な実施態様を示す。前述の二重画素に代わって、変調光ゲート $G_{am}$ 、 $G_{bm}$ 、 $G_{cm}$ 、および $G_{dm}$ と、対応蓄積ゲート $G_a$ 、 $G_b$ 、 $G_c$ 、および $G_d$ を備える四重画素が提案される。該四重画素は、プッシュプル変調光ゲート電圧 $U_{am}(t)$ 、 $U_{bm}(t)$ 、 $U_{cm}(t)$ および $U_{dm}(t)$ が相互にシフトされる、特にHF変調の場合は $90^\circ$ シフトされるように、4つの位相位置について同時に相関させることができる、

従って、前述の変調光ゲート $\phi_{am} = 0^\circ$ の $G_{am}$ と $\phi_{bm} = 180^\circ$ の $G_{bm}$ に関する直交配置に、画素内に対称に組み込まれて、同じ原理に基づいて作動する別の2つの変調光ゲート $\phi_{cm} = 90^\circ$ の $G_{cm}$ と $\phi_{dm} = 270^\circ$ の $G_{dm}$ が存在する。これにより、対応蓄積ゲート $G_a$ 、 $G_b$ 、 $G_c$ 、および $G_d$ の下、または、関連電子読出システムの中に独立した電荷 $q_a$ 、 $q_b$ 、 $q_c$ 、および $q_d$ による4相電荷蓄積がなされ、次のように、単純な算術演算によって、関連位相 $\phi_{opt}$ が直接算出される。

$$\phi_{opt} = \arctan \frac{q_c - q_b}{q_a - q_d} \quad (10)$$

個々の画素の濃淡値を簡単に求めるために、画素の全部の蓄積ゲートのこの電荷を合計する； $q_{Pixel} = q_a + q_b + q_c + q_d$ 。4つの電荷それぞれに対応する読出プロセスは、この場合、画素的統合信号前処理を行うCMOS技術を利用す

るアクティブ画素デザインによって実施されることが好ましい。

図8と同様に、図9に光混合素子の四重画素を示すが、好ましくは電位 $U_0$ の中央矩形中間ゲート $G_0$ によって、図6に記載されているように平滑な電位勾配を備えている。

図9と同様に、図14に、デジタル変調信号に最適な構造を備えた光混合素子の四重画素を示す。好ましくは矩形の変調光ゲートの間に配置された中間ゲート $G_0$ は、図9と同様な方法で、変調光ゲート電圧によってもたらされる電位勾配を平滑化する役割を果たす。

最後に第13図は、画素1の更に他の好適な実施例を示し、この実施例は、上で議論した実施例とは異なり、CCD技術を使用せず、電子画素的読み出しおよび信号前処理システム15と共にCMOS技術を使用して実行したものである。この場合、チャージスイング上の電荷キャリアの変調電圧依存ドリフトの動作モードは、上で議論した実施例と同一である。第13図に示す実施例の唯一の相違点は、蓄積ゲート $G_a$ と $G_b$ に対してドリフトした電荷 $q_a$ と $q_b$ に対してそれ以外の処理を実行する方法である。

本実施例では、蓄積ゲート $G_a$ と $G_b$ は、ブロックp nダイードの形態である。これらの正にバイアスした蓄積ゲート $G_a$ と $G_b$ は、第13図において好ましくは弱く不純を拡散したp-Si基板上にn+不純物を拡散した電極を形成したものである。「フローティング拡散」動作モードとして知られているものまたは高抵抗電圧読み出しモードでは、CCD技術を使用する場合と同様に、電荷 $q_a$ と $q_b$ は、蓄積ゲート $G_a$ と $G_b$ の容量上に集積し、電圧値の形で高抵抗モードで読み出す。

電流読み出しモードをまた有利に使用することが可能であり、このモードでは、光発生電荷キャリアはポテンシャルウェル内に集積されず、蓄積ゲート $G_a$ と $G_b$ にそれぞれ接続された適当な電流読み出し回路による出力拡散によって連続的に通過される。これらの電荷は、次に、例えば、それぞれの外部容量上に集積される。

画素を集中的に照射した場合、蓄積ゲート電圧を増幅器のフィードバックによ

って実質的に一定に保持する電流読み出しモードにおいて、読み出し回路は、蓄積電荷  $q_a$  と  $q_b$  の量がポテンシャルウェル上における反応または實際上このポテンシャルウェルのオーバフローによって生じないことを保障する。これによって、光混合素子のダイナミックスが大幅に改善される。この場合、変調ゲートの

絶縁層の下に位置する弱く不純物を拡散した  $n$  チャンネル（「埋め込み層」）を含む上記の技術は、改善を行う、なかんずく限界周波数を増加させることができる。

CMOS 技術を使用して光混合素子を構築すると、アクティブ画素設計（APS）を使用することが更に可能になり、この場合、各画素において、読み出しおよび信号前処理回路を光混合素子に集積することが可能になる。これによって、電気信号が外部回路に通過する前に、画素において信号を直接前処理することが可能になる。特に、この方法では、位相と振幅の情報をチップ上で直接計算することが可能になり、その結果、測定速度が更に速くなる。

本発明の更に他の構成では、例えば、物体の形状、位置、色彩、偏光、速度ベクトル、輝度または物体の性質の組み合わせのような種々の基準に基づいて、受動的または能動的に照明されている 3 次元物体の電子的サーチおよび追跡手順に対して、好ましくは 2 次元光混合素子のアレイを使用する。

例えば、最初は未知の入射光波の 3 D 測定における種々の変調信号（例えば、周波数またはコードの変更）の通路において、もし局所的な相関関係がゼロに等しくない差分ドリフト電流の基準によって見出されたなら、次にその物体の範囲を、できる限りその後に変化の発生した場合に、特に画像の深さをまた含む規制ループによって、特に上記の物体の性質に関して連続的に測定することができる。

この光混合素子は、以下で説明する種々の動作モードで使用される。

この点で、蓄積ゲート  $G_a$  と  $G_b$  における合計電荷は、これが入射光波の合計強度、 $q_a + q_b = \text{const.} * P_{\text{opt, ges}} * T$  に必ず対応し、ここで  $T$  = 統合時間であるので、重要ではない。

差分電荷 $\Delta q_{ab} = q_a - q_b = \bar{i}_a \cdot T - \bar{i}_b \cdot T$ は複数の要素によって決まり、入射光波を

測定するための多くの方法に使用することができる。この目的のため、必ず $P_0 \geq P_{\text{■}}$  (第3a図参照)である基本輝度に対して考慮を払う。

例えば、変調光によって送信器4の照明した物体6を任意に測定する場合、この送信器のパワーがオンまたはオフされ、従って $P_{\text{■}}$ は有限数になるかまたはゼロに等しくなる。同時に、任意に変調電圧 $U_{\text{■}}(t)$ はゼロになるかまたは送信器に使用され、入射光に含まれているコンフィギュレーションに切り替えられる

か、または統合時間中一定である電圧 $U_{m0}$ に切り替えられる。

従って、 $P_0 \neq 0$ の場合、4つの重要な動作モードが与えられる。

- 1.)  $P_{\text{■}} = 0$ と $U_{\text{■}} = 0$ の場合、 $\Delta q_{ab} = 0$ 。
- 2.)  $P_{\text{■}}$ が有限数であり、 $U_{\text{■}}(t)$ がHF変調信号である場合、 $\Delta q_{ab} = 0$ 。
- 3.)  $P_{\text{■}}$ が有限数であり高周波変調信号 $\Delta q_{ab}$ が $U_{\text{■}}(t)$ の関数である場合、相対的トランシット時間 $\tau$ と入力光パワー成分 $P_{\text{■}}(t)$ は、この方法で変調される。
- 4.) もし統合時間 $T$ の間に、入射平均光強度 $P_0$ と一定変調電圧 $U_{m0}$ が存在すれば、差分電荷 $\Delta q_{ab}$ は $U_{m0}$ と平均光パワー $P_0$ の関数である。

強度変調されていない光波の場合、本発明の更に他の構成によって、可能な動作モードの中の第4のケースに従って、例えば、2D画像処理に対して光混合素子が提供され、使用される。

その場合、混合素子は、例えば、好ましくはRAM素子によって高速書き可能な $U_{m0}$ の個々の変調電圧ワードの画素的関係により、限定的かつ互いに独立に活性化できる。評価は、 $U_{m0}$ にほぼ比例する差分電荷 $T \cdot \Delta \bar{i}_{ab}$ および差分電流 $\Delta \bar{i}_{ab}$ についてのみ実施されることが好ましい。その場合、変調電圧 $U_{m0}$ は、

それぞれ変調電圧ワードから導き出される。

これは、 $U_{\text{■}}(t)$ の設定が、前述の使用例のように周期的または準周期的に行われるのではなく、例えば所定の画像内容に基づいてまたは測定された画像内

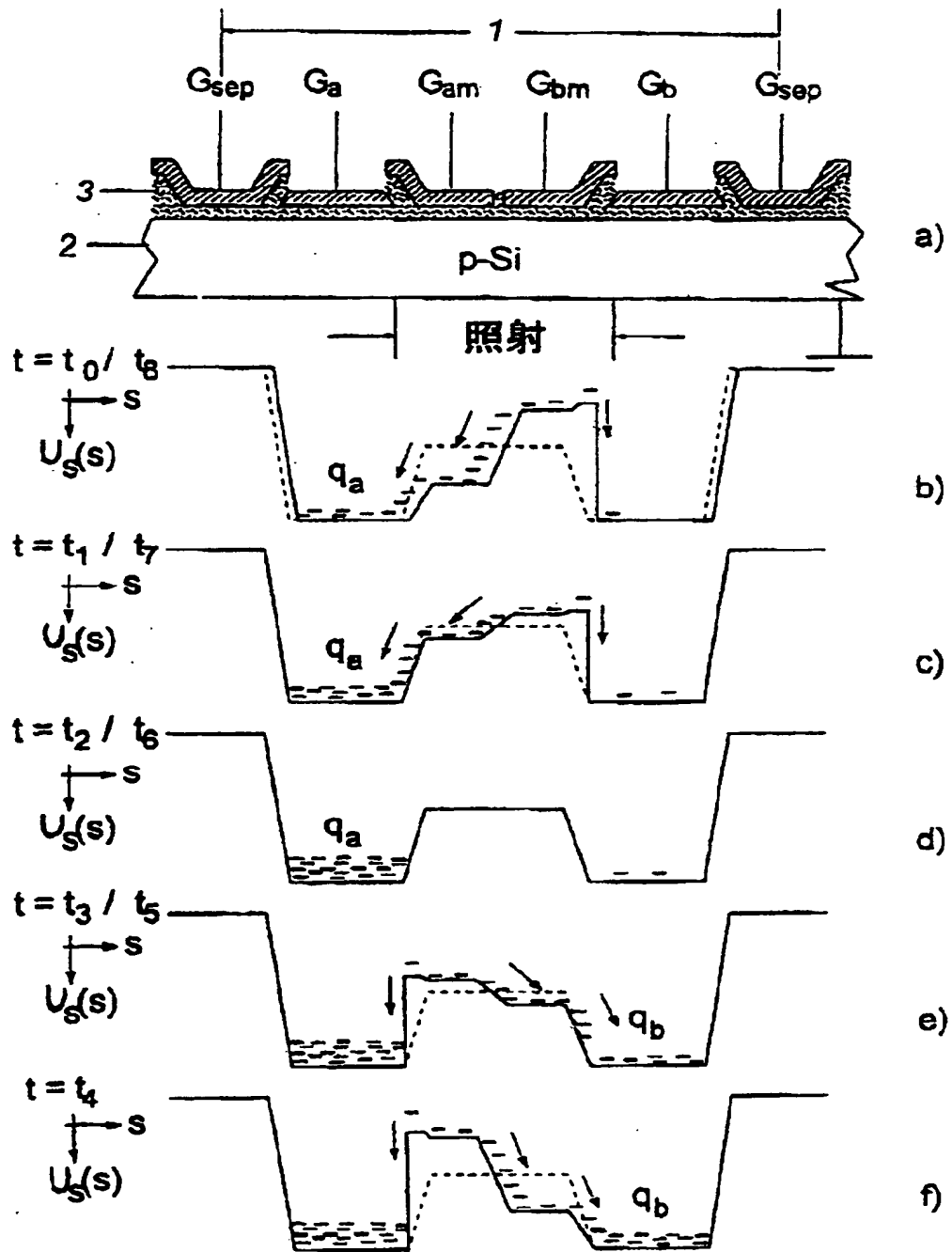
容に基づいて、非周期的に行われることを意味している。 $U_{\square}(t) = 0$ の場合、すべての差分電流がゼロであるので、関連差分画像  $D(x, y)$  の振幅または輝度もゼロになる。

したがって、差分画像輝度は  $U_{\square}(x, y, t)$  の変動によって特に影響を受ける可能性がある。このように、本発明によれば、深さ情報の側面が無い場合を除き、例えば前述の物体探索用および追跡用などの、例えば前述の画素的に関連付けられた制御可能なメモリセルにより、あらゆる光波または画像に対して、すなわち変調されていないものに対しても、超高速設定可能な重み付け関数  $G(x, y, t) = K_1 \cdot U_{\square}(x, y, t)$  による多目的画像処理を施すことができる。

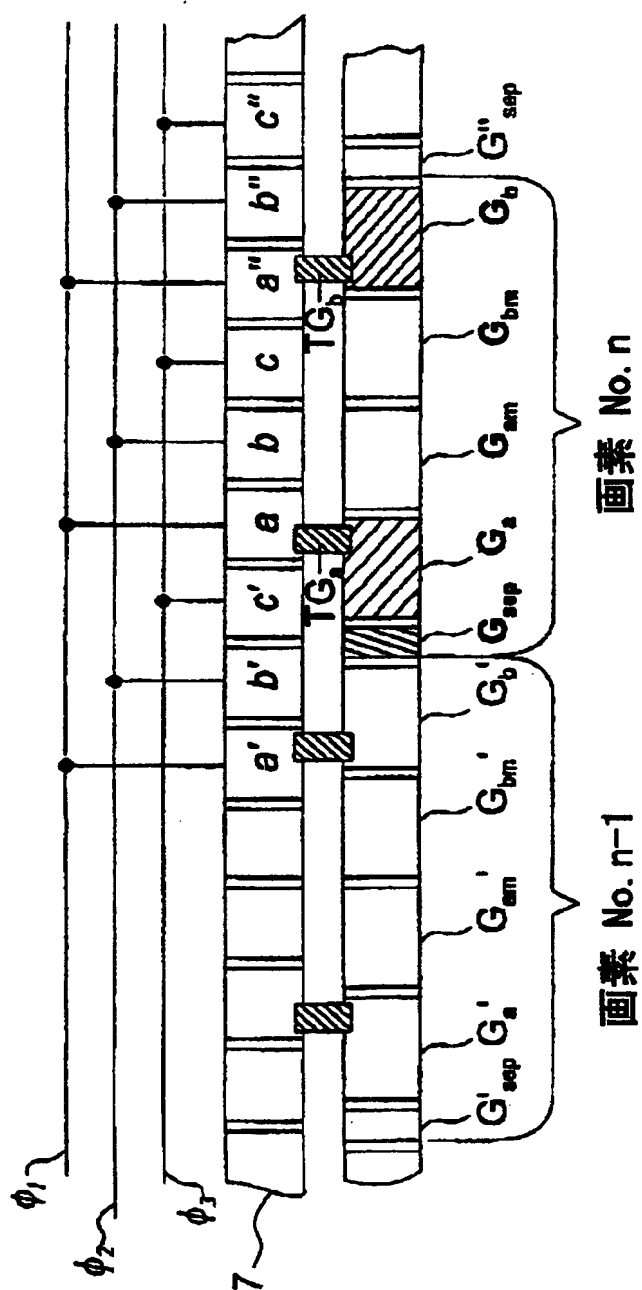
。

【図 1】

【図 1】



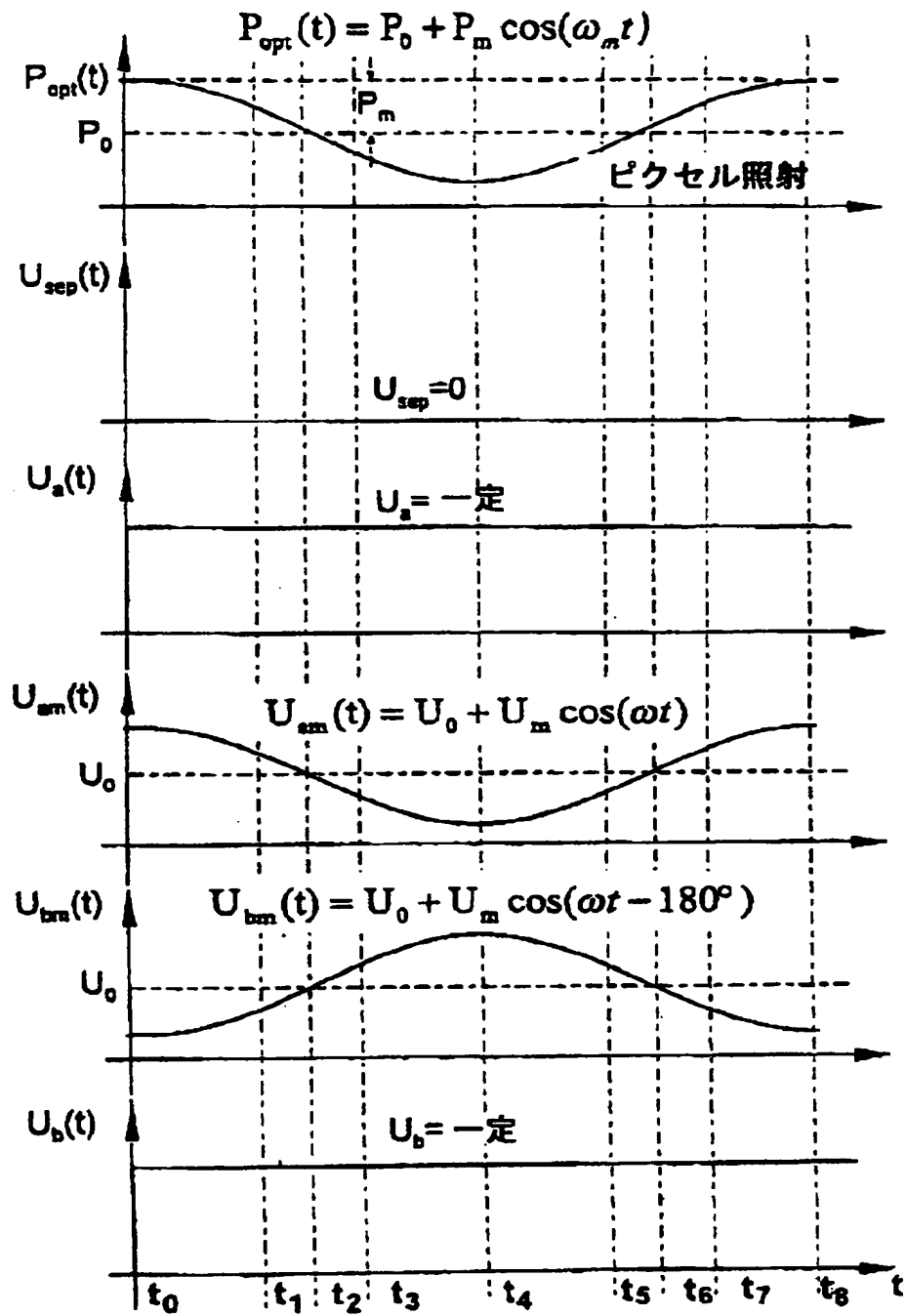
【图 2】





【図 3】

【図 3】



【図 4】

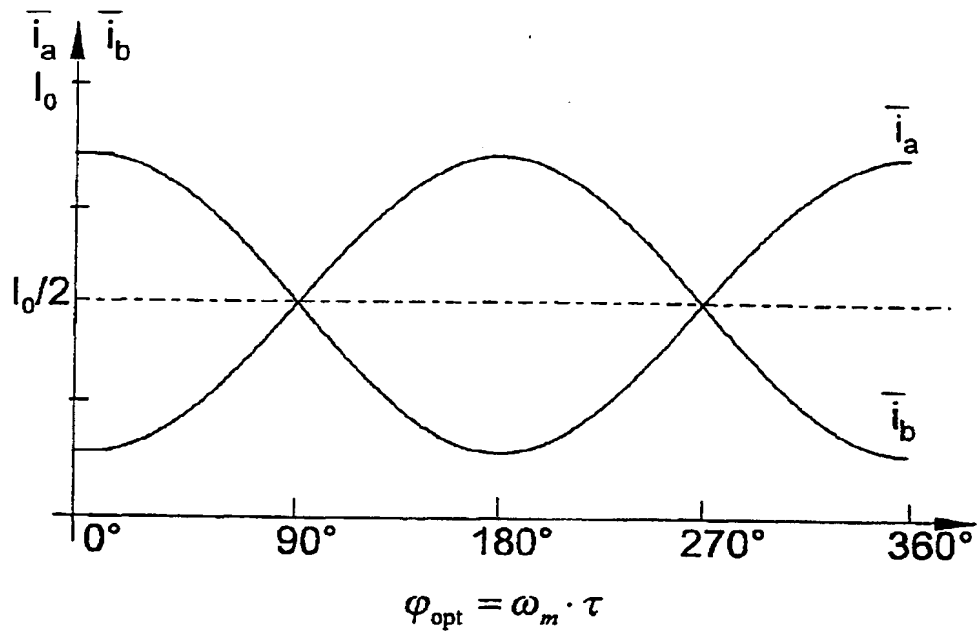


Fig. 4

【图 5】

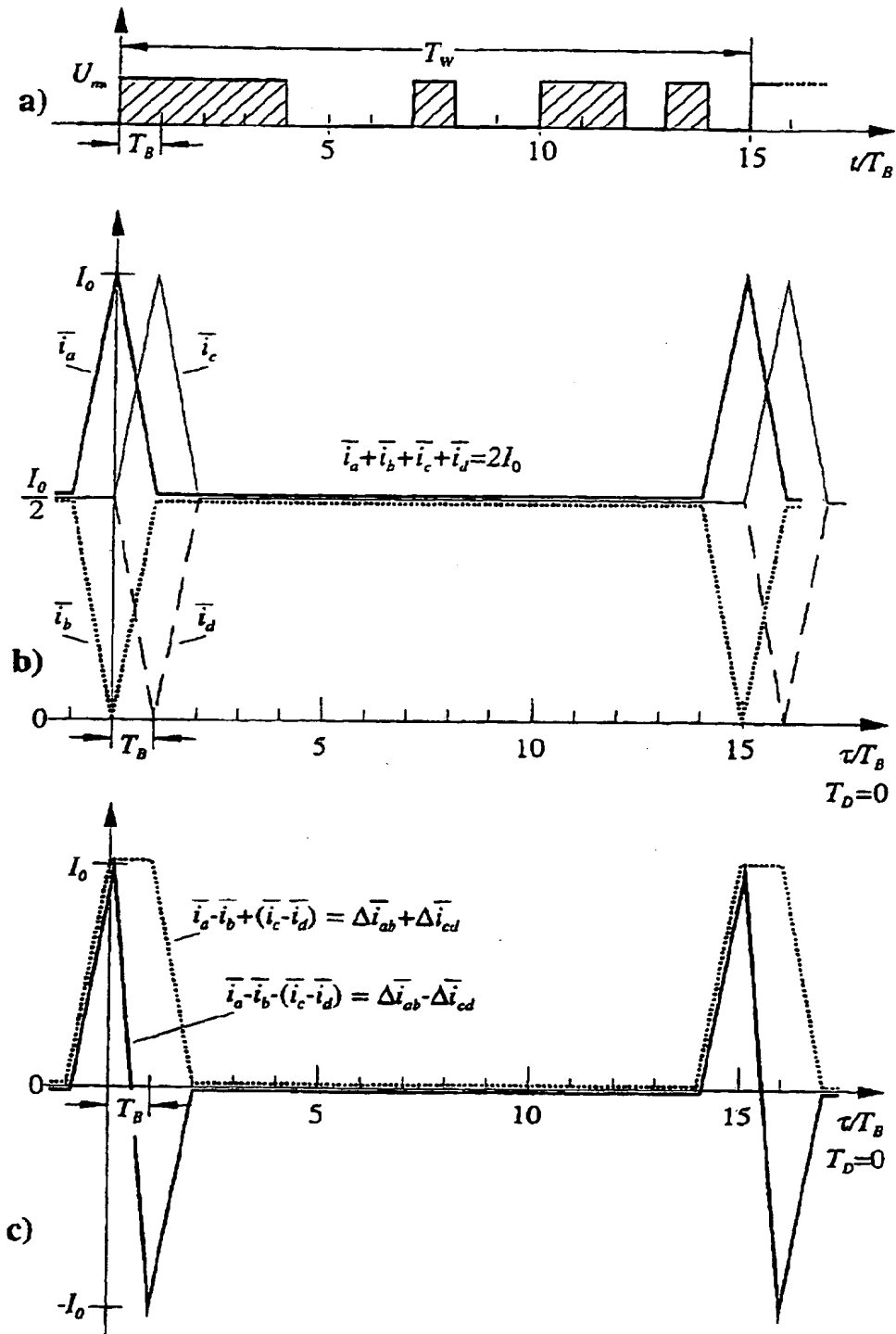


Fig. 5

【図 6】

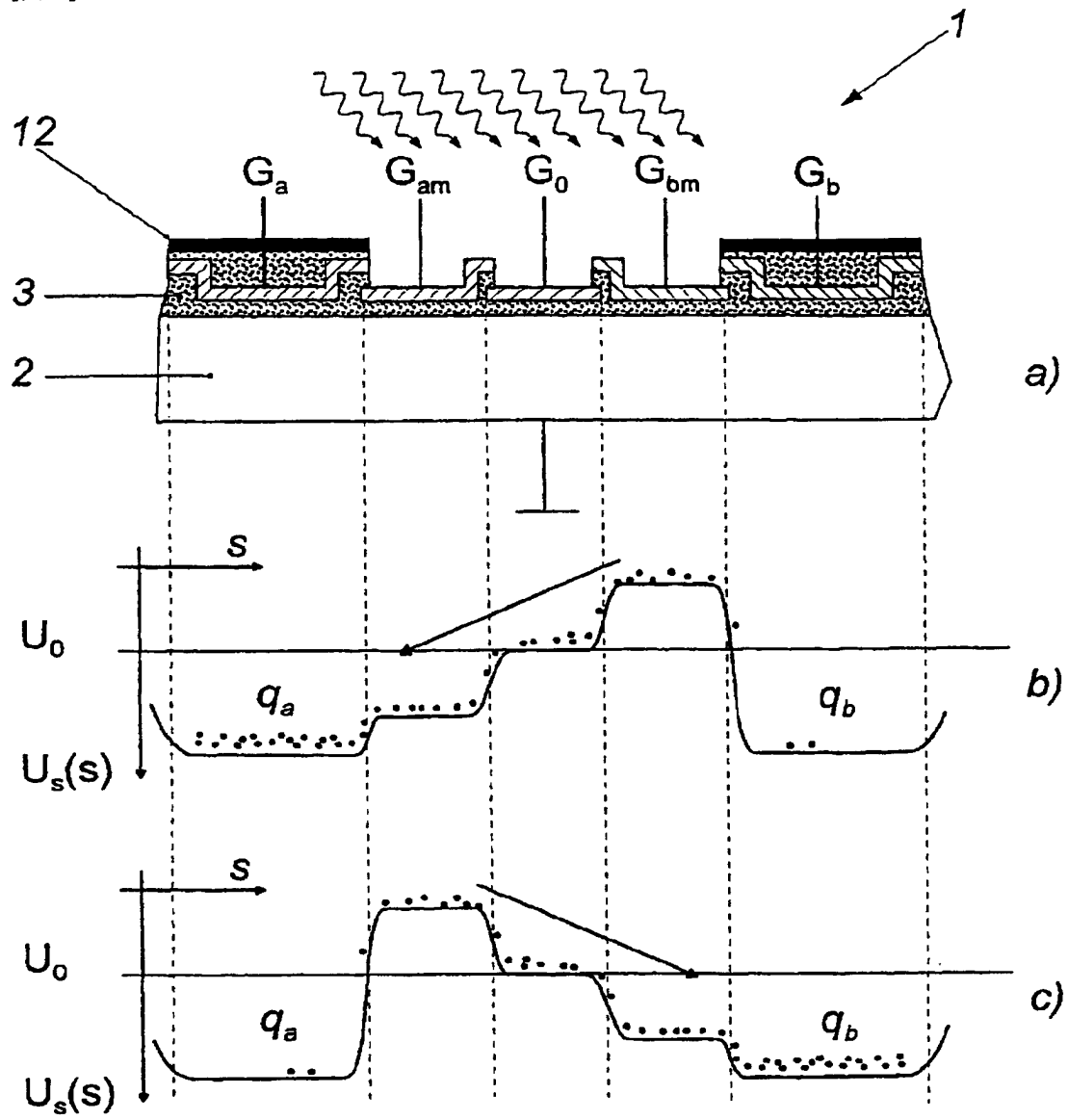


Fig. 6

【图7】

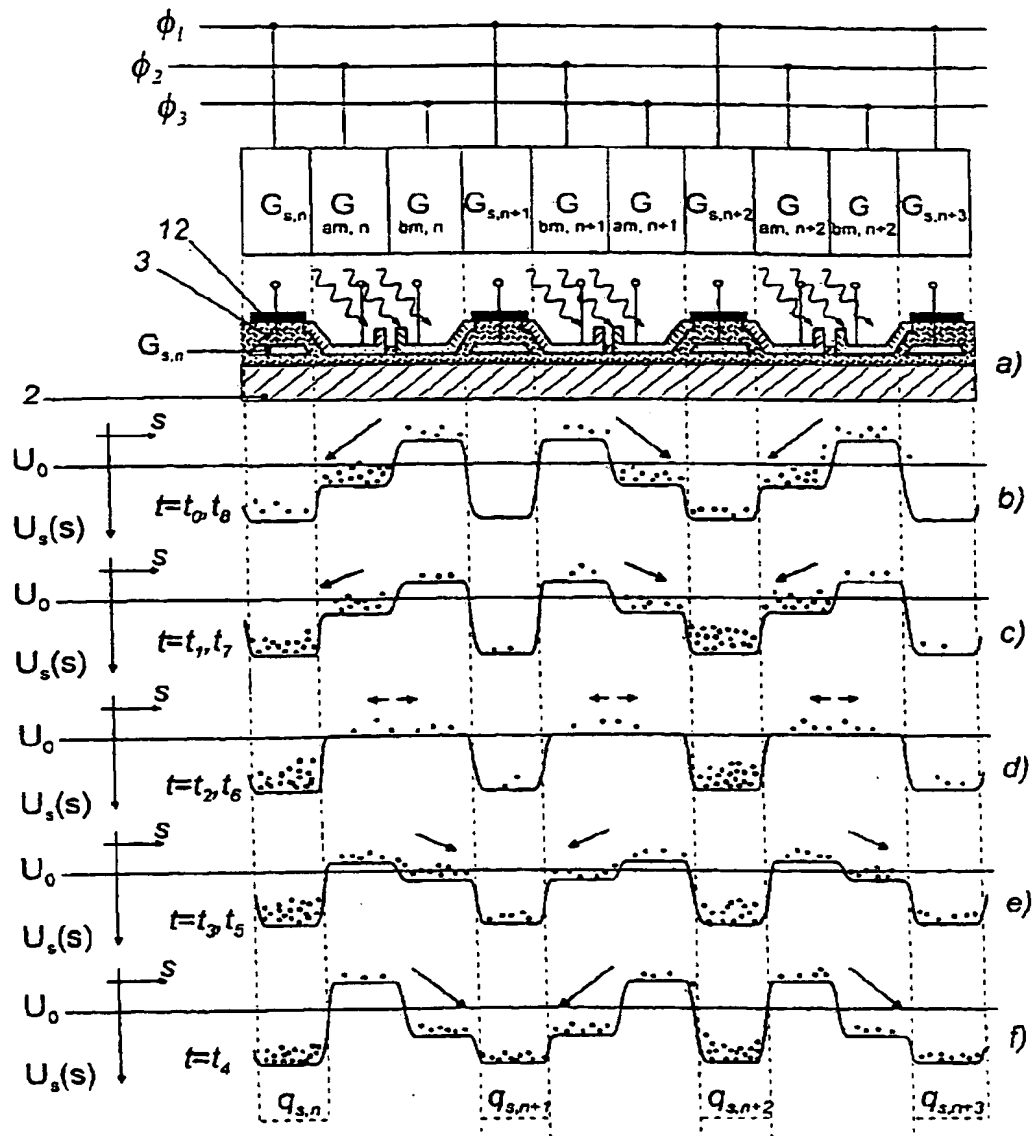
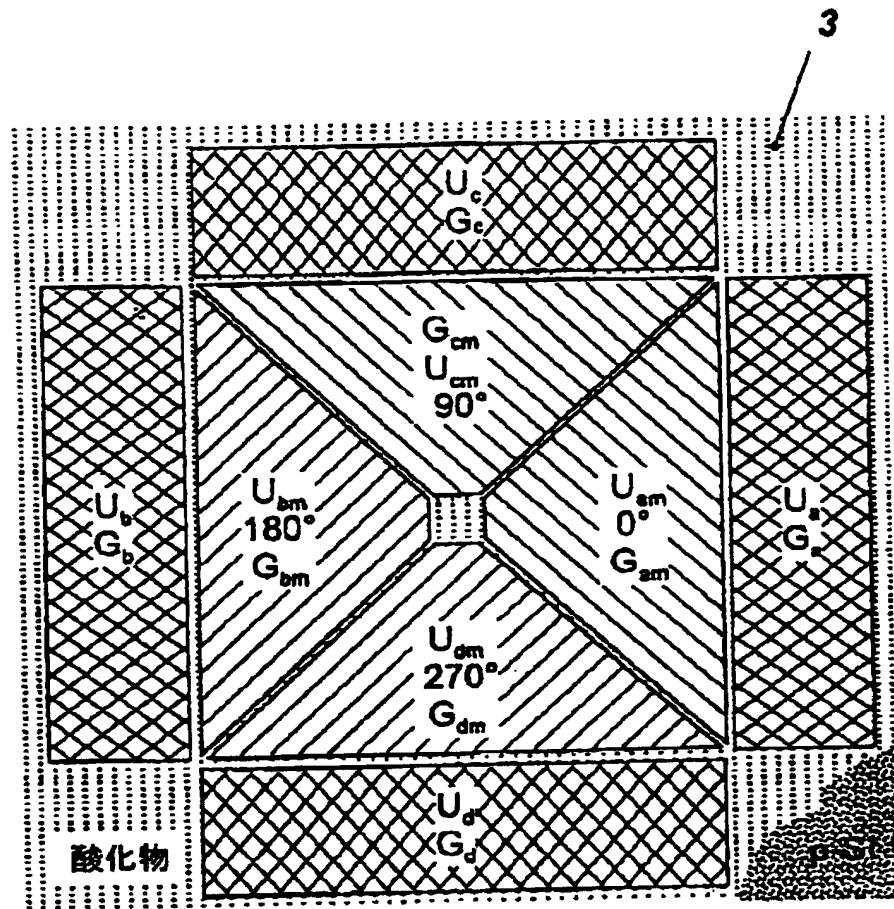


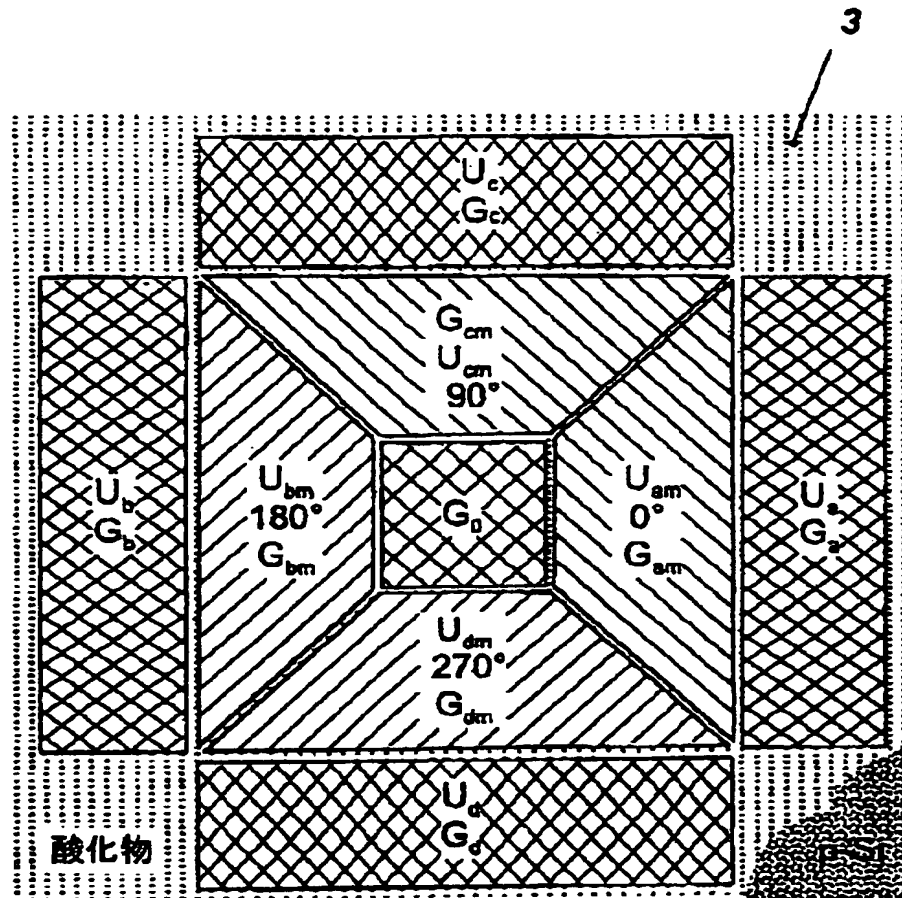
Fig. 7

【図8】



【図9】

【図9】



【図10】

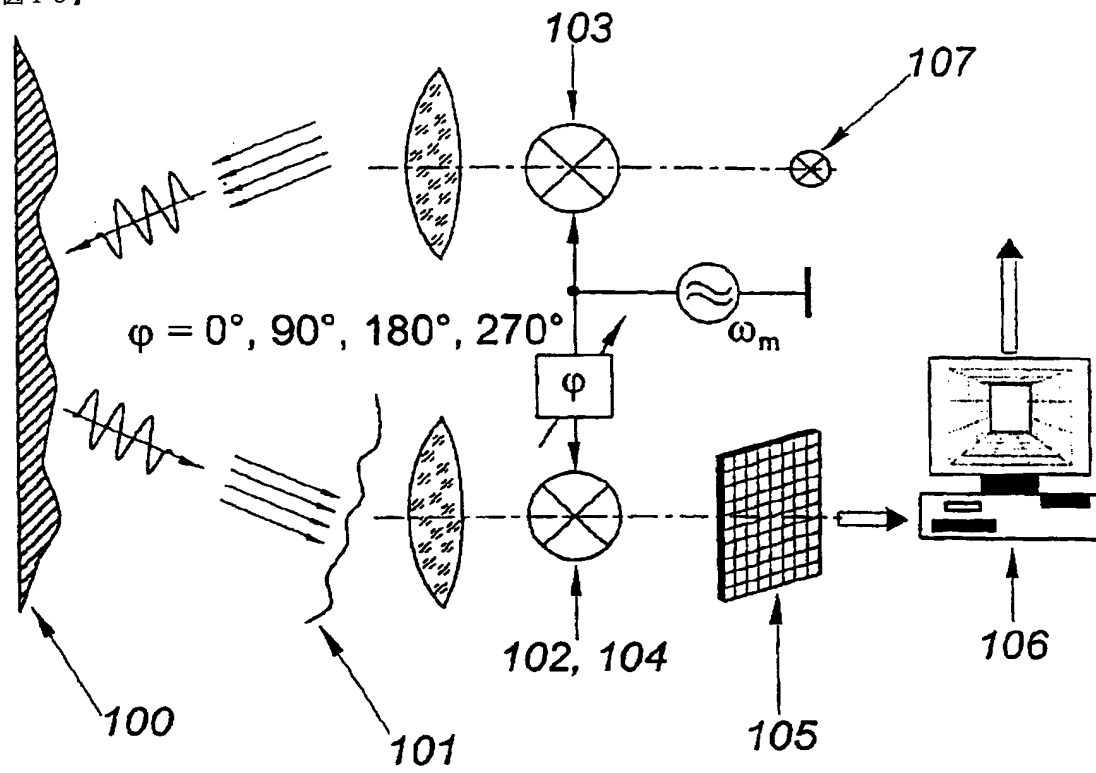
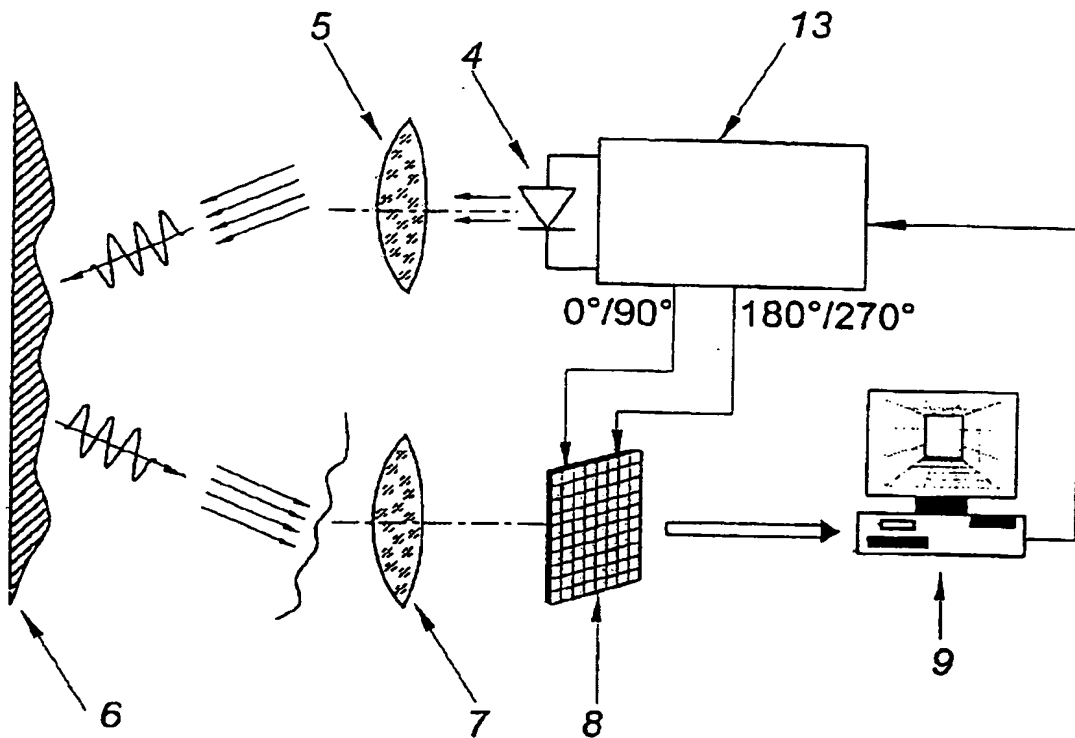


Fig. 10



【图 1 1】



**Fig. 11**

【図 12】

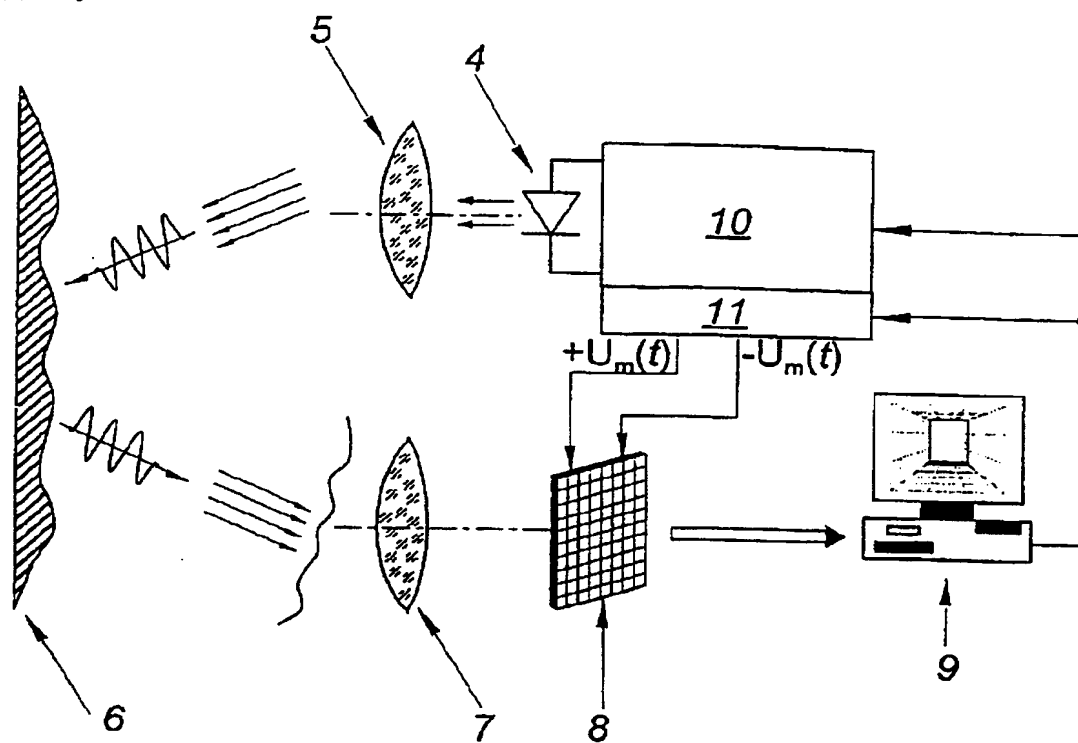


Fig. 12

【図 13】

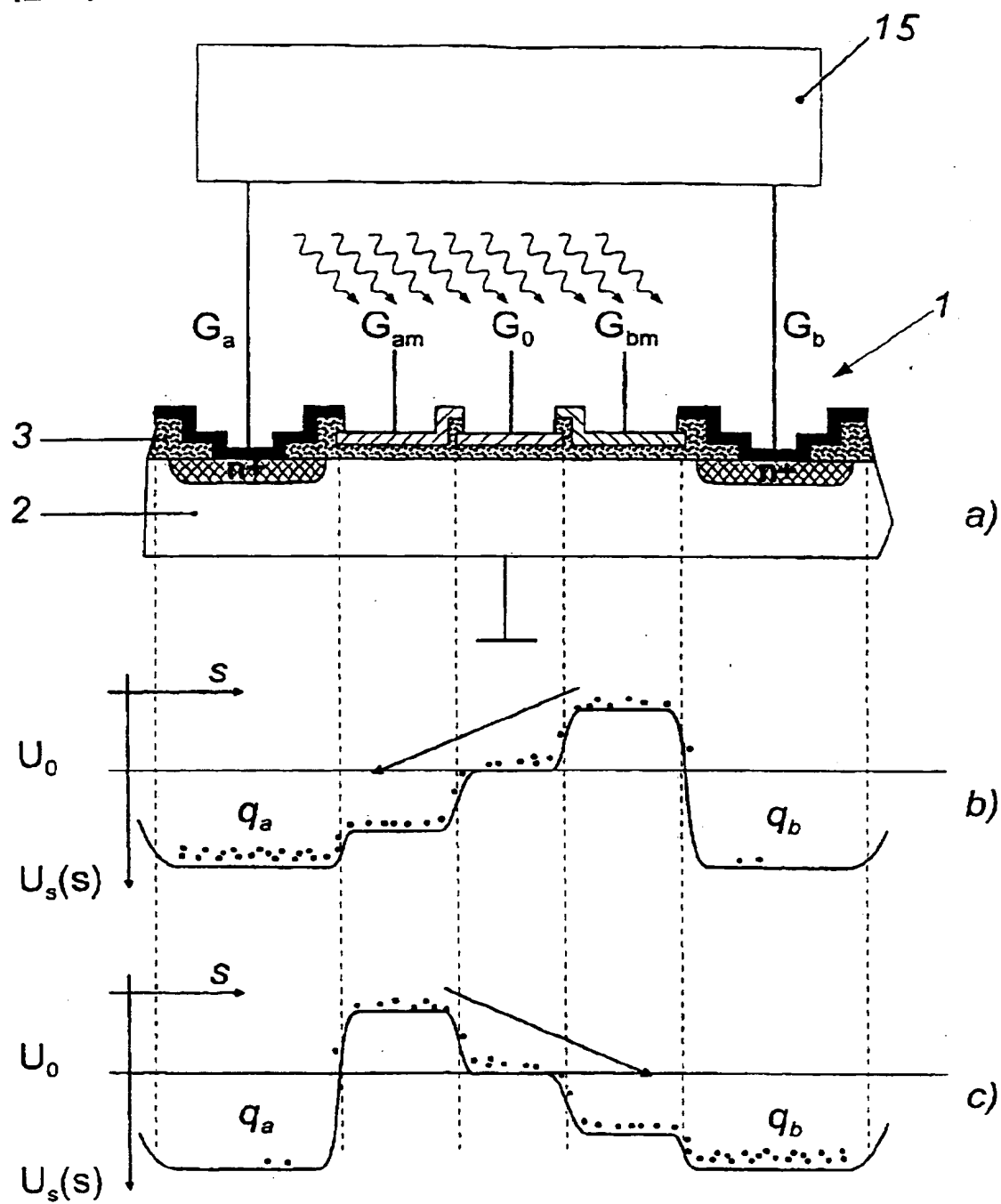
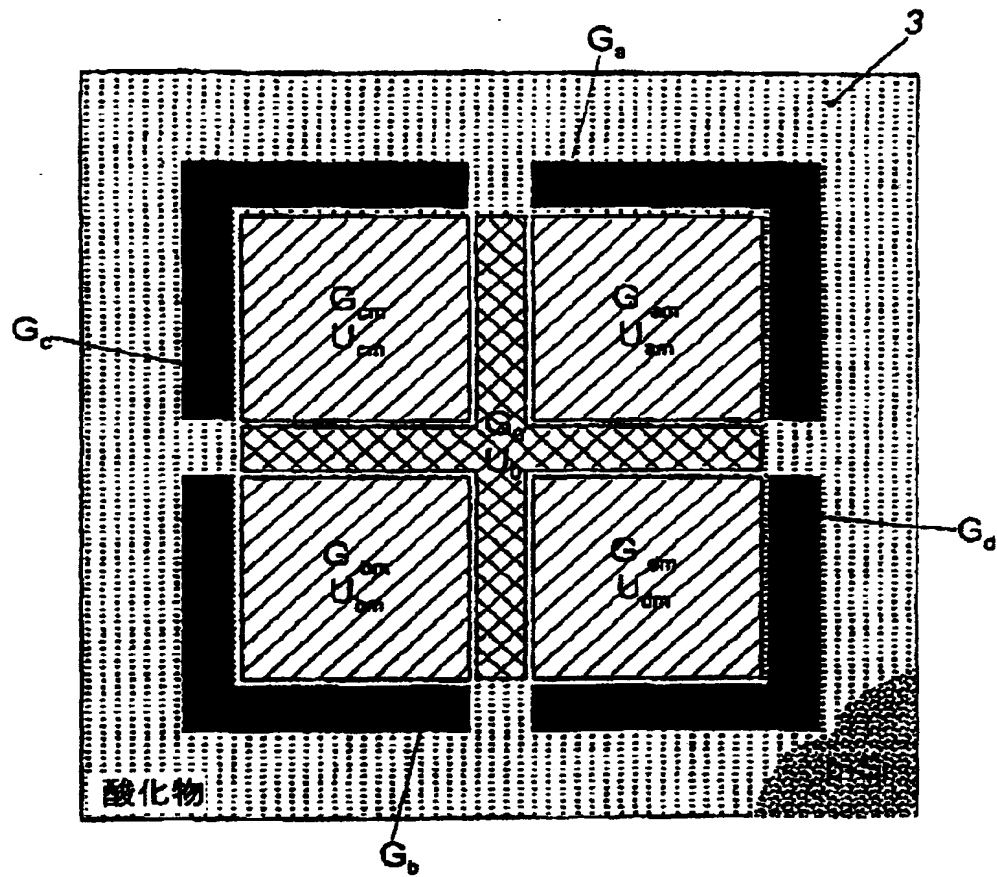


Fig. 13

【図14】

【図14】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE 97/01956

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 G01J9/00 G01B11/24 H04N3/15 H01L27/148

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01J G01B H04N H01L G01S G01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 44 39 298 A (SCHWARTE RUDOLF PROF DR ING) 13 June 1996 cited in the application see page 3, line 1 - line 34; claim 1 ---	1,17
Y	SPIRIG T ET AL: "THE LOCK-IN CCD - TWO-DIMENSIONAL SYNCHRONOUS DETECTION OF LIGHT" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, vol. 31, no. 9, 1 September 1995, pages 1705-1708, XP000526180 cited in the application see page 1705 - page 1706 --- -/-	1,17

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, each combination being obvious to a person skilled in the art.

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 January 1998

Date of mailing of the international search report

= 6. 02. 98

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 eponl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Breusing, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 97/01956

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A,P	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 097, no. 003, 31 March 1997 & JP 08 313215 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 29 November 1996, see abstract ---	1
A	SUZUKI T ET AL: "REAL-TIME TWO-DIMENSIONAL SURFACE PROFILE MEASUREMENT IN A SINUSOIDAL PHASE-MODULATING LASER DIODE INTERFEROMETER" OPTICAL ENGINEERING, vol. 33, no. 8, 1 August 1994, pages 2754-2758, XP000462289 see the whole document ---	1
A,P	US 5 646 733 A (BIEMAN LEONARD H) 8 July 1997 see column 1 - column 2; figure 1 ---	1
A	EP 0 419 936 A (STEINBICHLER HANS) 3 April 1991 see abstract; figure 1 ---	
A	US 5 381 235 A (INOUE YASUO ET AL) 10 January 1995 see column 1; figures 1,2 -----	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/DE 97/01956

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4439298 A	13-06-96	NONE	
US 5646733 A	08-07-97	WO 9728421 A	07-08-97
EP 0419936 A	03-04-91	DE 3930632 A	14-03-91
		AT 106557 T	15-06-94
		DE 9017720 U	14-11-91
		DE 59005914 D	07-07-94
		JP 3175327 A	30-07-91
		US 5155363 A	13-10-92
US 5381235 A	10-01-95	JP 2581863 B	12-02-97
		JP 5172539 A	09-07-93

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CN, CU, CZ, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW

【要約の続き】

の画素を有している。該画素は、少なくとも2つの感光変調光ゲート ( $G_{am}$ ,  $G_{bm}$ ) と、該変調光ゲートに対応し、入射電磁波によって区分されている蓄積ゲート ( $G_a$ ,  $G_b$ ) とから構成されている。複数の光混合素子をアセンブルすることによってアレイを形成できる。